285.21

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

The gift of { the Oberhessische gesellschaft für natur- und heilkunde

No. 5426

Nov. 25, 1884, Aug. 2, 1886, Oct. 31, 1887

Dreiundzwanzigster Bericht

der

Oberhessischen Gesellschaft

für

Natur- und Heilkunde.

Mit 3 Tafeln.

Gieſsen,
im Juni 1884.

Inhalt.

		Seite
I.	H. Hoffmann, Nachträge zur Flora des Mittelrhein-Gebietes. Fortsetzung	1
II.	W. C. Röntgen, Neue Versuche über die Absorption von Wärme durch Wasserdampf. Hierzu Taf. I und II. . .	49
III.	Dr. G. Sieben, Ueber die Abhängigkeit der Brechungsexponenten anomal dispergirender Medien von der Concentration der Lösung und der Temperatur. Hierzu Taf. III. .	140

I.

Nachträge zur Flora des Mittelrhein-Gebietes.

Von Prof. **H. Hoffmann.**

Fortsetzung *).

Papaver Rhoeas.

Zwischen Dorfgill 12 u. Eberstadt 12; östl. von Watzenborn 12: Basalt; Obermühle im Bieberthal 11 : Kalk; Bieber 11 : auf Kalk, häufig; Klein Eicholzheim 48, Immesheim 37, Morschheim 38, westl. von Wonsheim 37, Ibener Hof 37, Kreuznach 30, Sprendlingen 30, Jugenheim 31, Finthen 24, auf Löfs bei Hochstätten 39, Langsdorf 12; Muschenheim 12 : Basalt; zw. Burkhards u. Gedern 20, südl. von Kefenrod 20 : Basalt; südöstl. von Bleichenbach 20, Staden 26, östl. von Berstadt 19, Seckbach 26 : Kalklehm; Griedel 19; östl. von Rockenberg 19 : Basaltlehm; Wohnbach 12, westl. von Nidda 20, Wallernhausen 20 : Basalt; östl. von Effolderbach 20, nördl. von Langen-Bergheim 19, nördl. von Rüdigheim 26, Bruchköbel 26, Gronauer Mühle 26, westl. von Biebrich 24, Gottesthal 24, Johannisberg 24, westl. vor Schmerlenbach 34, Gailbach 34, Grünemorsbach 34, südl. von Ober-Affenbach 34, *Sandhaide* südwestl. von Alzenau 26, westl. von Arnsburg 12 : Basalt; nördl. bei Hohensolms 11, Allendorf an der Klee 11, Volpertshausen 11, südöstl. bei Grofs-Rechtenbach 11, westl. bei Blasbach 11 : Kalk; westl. von Reimershausen 4, östl. von Watzenborn 12, südl. bei Wetzlar 11, Weilmünster 18 : im Thal; östl. von Blessenbach 18, Lehmlager bei Weyer 17, Nieder-Selters 17, Dauborn 17, Kirberg 17, nordwestl. von Nastätten 16, nördl. von Singhofen 16, Nassau 16, westl. bei Schaumburg 17, Freiendiez 17, östl. von Oberndorf 11, Friedberg 19, südwestl. bei Ober-Mörlen 19, *Salicetum* am *Rheinufer* bei Saulheim 30, Plateau von

*) Siehe XXII. Bericht der Oberhess. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde, S. 64, 1883.

Wald-Algesheim 30, nördl. von Gundheim 38, Freien-Steinau 21, Uerzell 21, Gelnhausen 27, Roth 27, Rothenbergen 26, Weinberge bei Alsenz 37, westl. von Unkenbach 37, Meisenheim 37, Reckweiler Hof 36, Wolfstein 36, Sambach 44, Lauterhof 44, Hochspeyer 44, Lindenberg 45, Recklingen, Herchen 1, Siegburg 1, Hennef 1, Warth 1, Uckerath 1, Ems 16, Fachbach 16, Arzheim 16, Coblenz 15, gegen Weifsenthurm 15, Nieder-Bieber 8, Selters 9, Dernbach 9, Herschbach 9, südl. bei Montabaur 16, Plateau von Stahlhofen 16. H. —

1	.	3	4	5	.	.
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
.	.	24	25	26	27	.
.	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	.	41	42
.	44	45	.	47	48	.

Gemeines Unkraut auf Aeckern, besonders unter dem Getreide in den wärmeren Thälern des Spessarts auf Sand- und Lehmboden ohne Rücksicht auf die unterliegende Felsart von Hanau 26 bis Bamberg 41, 42, 35; nicht auf den Hochebenen des Spessarts und Frankens (n. Kittel in lit.).

Sehr häufig um Herborn 4, 3, Merkenbach 11, Hörbach 10, Fleisbach 11, Sinn 11, Salzschlirf 14 (c. *var. carnea!*), westl. von Lauterbach 13, Ballersbach 4, Bicken 4, Burg 3, Selbach 4, Marburg 5, Amöneburg 5 (n. W. Strippel in lit.). Nördl. von Steinau 20, Rothenfels 35, nördl. vor Lengfurt 35, Rettersheim 42, Wertheim 42, Hundheim 42, Steinfurt 42, Rüdenthal 42, Hardheim 42, südl. von Walldürn 48, Buchen 48, Rittersbach 48, Dallau 48. H. — Darmstadt 32 (Schnittsp.*). Plateau von Gräfeneck 10; Lahnufer gegen Aumenau 17, Plateau östl. von Villmar 17, Moselweifs 15, Günterod 4, Brohlthal 8, Laach 15, Andernach 8, Ober-Hammerstein 8, Engers 8, Irlich 8, Bassenheim 15, Saffig 15, Güls 15, Winningen 15, Ludwigshöhe bei Dienheim 32, Guntersblum 39, Alsheim 38, Osthofen 38, Neckargemünd 47, Wiesenbach 47, Aglasterhausen 47, Rödelheim 25. H. — Kaichen 19 (Hörle*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Rofsdorf 23 (n. Wagner).

Unter der Saat besonders häufig auf Lehm- und Kalkboden (Schultz Fl. d. Pfalz). Pfalz : Sehr gemein (Schlz. S. 26). Nassau (Fuck. Fl.).

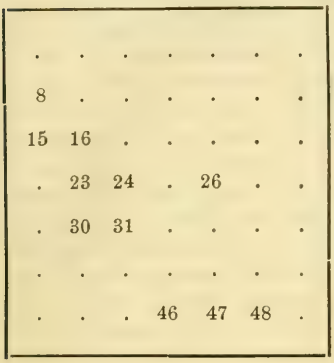
Hiernach wohl unzweifelhaft durch das ganze Gebiet mit dem Ackerbau verbreitet, über alle Etagen.

Scheint, wo er häufig vorkommt, einen guten Lehmboden anzudeuten. — Das Gesammtareal deckt sich nicht immer mit P. dubium; so kommt Rhoeas allein vor in Chili (naturalisirt), Capverden, Ural, Japan; fehlt dagegen im südl. Scandinavien.

Parietaria diffusa.

Rüdesheim 30. Hirschhorn am Neckar 47. Lay a. d. Mosel 15. Loef 15. Bacharach 23. Ems 16. Winningen 15 : Mosel. Neuwied 8. Fahr 8 (Rhein). H.

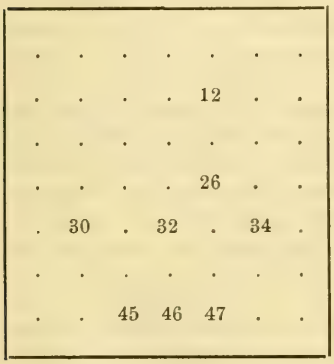
Rhein-, Main- und Neckarthal : z. B. Mainz 31, Bingen 30, Frankfurt 26, Heidelberg 46, Neckarsteinach 47 (D. u. Scr. S. 179.). — Pfalz : Seckenheim am Neckar 46, Ilvesheimer Schlöfschen 46, Kreuznach 30 (Schlz. S. 407). Neckarzimmern 48 (Poll. 1863, 222). Coblenz 15, Bacharach 23, Oberwesel 23, ganzes Rheinthal und alle gröfseren Nebenthäler (Wirtg. Fl.). Nassau : Rheinthal 24, 23; Oberlahnstein 16 (P. Caspari*). Lahnthal 16 (Fuck. Fl.). Elzthal 15 bis Pyrmont (Wirtg.*). Ober-Ingelheim 31 (Groos*).



Hiernach im niederen Rheinsystem und dem unteren Neckarthale; isolirt Frankfurt 26. (Südwestliche Einwanderung?)

Parietaria erecta.

Gieſsen : früher auf den Schiffenberg; Hausen (Dillen*. Heyer*). Aschaffenburg 34 : Schlofsmauer. H. — Darmstadt 32 : Schlofsgraben u. Carlshof (n. Reifsig), Herrngarten; Oberrad 26, Beerfelden 47, Heidelberger Schlofs 46 (D. u. Scr. S. 179). — Pfalz : Kreuznach 30, Deidesheim 45, Neustadt 45 (Schlz. S. 407). Seebach bei Dürkheim 45 (Lingenfelder*), Dorf Hardt bei Neustadt 45, Speyer 46, Dossenheimer Thal bei Heidelberg 46 (Poll. 1863, 222). Coblenz? (Wirtg. Fl.). Nicht in Nassau (Fuck. Fl.).



Hiernach ganz regellos zerstreut über entlegene Theile des Gebietes.

Paris quadrifolia.

Gieſsen 12 : Hangelstein, Schiffenberger Wald, Lindener Mark; Obermühle im Bieberthal 11 und sonst. Tringenstein 4. Griesheimer Eichwäldchen 32. Ruppertenrod 13. Birkich bei Lauterbach 14. Altenberg bei Königsberg 11. Auersberg bei Schwarz 7. Hausberg 18. Driedorf 10. Oberwald 13. Klein-Karben 26. Wildenberg nördl. von Obertiefen-

bach 36. Feldberg 25. H. — (Hey. R. 377). Kaichen 19 (Hörle*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Darmstadt 32 : an der wilden-Sau-Wiese (n. Bauer). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Oberer Vogelsberg 13 : Taufstein, Bilstein, Landgrafenbrunnen (n. Heldmann). Niederolmer Wald 31 (n. Reifsig). Falkenstein 25 (n. Wendling). — Pfalz : fast überall gemein, bes. Zweibrücken 43; scheint nur in den unfruchtbarsten Sand- und Haide-Gegenden der Vogesias 44 zu fehlen (Schlz. S. 460). Nassau stellenweise (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Marburg 5, Fulda 14 (Wender. Fl. 120). Fehlt bei Mainz 31 (W. v. Reichenau). Kaiserslautern 44 (Poll. 34, S. 17). Siebengebirg 8 (Hildb.*). Wiesbaden 24, Bergstrafse 39 (n. v. Reichenau). Oberlahnstein 16 (Caspari*).

.	.	.	4	5	.	7
8	.	10	11	12	13	14
.	16	.	18	19	.	21
.	.	24	25	26	.	.
.	.	31	32	33	.	.
36	.	.	39	.	.	.
43	44	.	.	.	.	.

(unvollständig)

Vielleicht durch das ganze Gebiet verbreitet. Specialangaben unzureichend.

Passerina annua.

Münchholzhausen 11, Steinfurt 19, Wisselsheim 19; Windecken 26 (Hey. R. 325). Johannisberg bei Nauheim 19 (nach W. Uloth). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Edelzell 14 (Wender. Fl. h. 110). Rofsberg bei Rofsdorf 33 (n. Bauer). Zwischen Friedberg und der Nauheimer Saline 19 (n. Reifsig). Nierstein 31, Traisa 32, Dippelshof 33, zwischen Mainz 31 und Bingen 24, 30; Nahethal bei Steinfurt [wo?] (D. u. Scr. S. 218). — Pfalz : Rheinfläche zw. Dürkheim 45 und Oggersheim 46; Worms 39, Nieder-Ingelheim 24; Kalmit 45, zw. Kallstadt 45 u. Herxheim 45, zw. Grünstadt 38 u. Frankenthal 46, Nierstein 31; Nahe : bei Kreuznach 30, Norheim 30; Zweibrücken 43 (Schlz. S. 395). Schwetzingen 46, Schriesheim 46, Wiesloch 46 (Poll. 1863, 218). Unteres Moselthal 15, selten unter Coblenz a. Rhein (Wirtg. Fl.). Hadamar 10, Runkel 17, Hochheim 25 (Fuck. Fl.). Rolandseck 1 (Vigener*).

1	.	.	.	.	.	.
.	.	10	11	.	.	14
15	.	17	.	19	.	21
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	32	33	.	.
.	.	38	39	.	.	.
43	.	45	46	.	.	.

Hiernach in den niederen und mittleren Regionen des Rheinsystems. Isolirt 21 und 43. (Hauptzugrichtung). Südöstliche Steppenpflanze. (E. Löw : Linnaea 42, 596).

Pedicularis palustris.

Giefsen 12 : Albacher Teich, District Rufsland, Sümpfe am Lückebach, nördl. von Grofs-Linden, Rödchen, westl. vom Dünsberg 11. Hiltersklingen 40. Oes a. d. Hausberg 18. Griesheimer Torfsümpfe 32. Hengster 26. Südwestl. vom Himberg 11. Schwarz 7. Oberwald 13 : Goldwiese. Sossenheim 25. Bornmühle bei Gronau 26. Kirchvers 4. Kelsterbach 25. Bischofsheim 26. Südwestl. von Frankenbach 11. Annweiler : unter 44. Ober-Fischbach 16. Wehrda 5. Bellingen 9. H. — Kaichen 19 (Hörle*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Rofsdorf 33 (n. Wagner). — Pfalz : überall sehr gemein (Schlz. S. 345). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Nassau stellenweise (Fuck. Fl.). Siegburg 1, Löwenburg 1, Brohlthal 8 (Hildb.*). Laacher See 15 (Blenke*).

1	.	.	4	5	.	7
8	9	.	11	12	13	.
15	16	.	18	19	.	21
.	.	.	25	26	.	.
.	.	.	32	33	.	.
.	.	.	.	40	.	.
.	.	(45)	.	.	.	.

(unvollständig)

Scheint durch das ganze Gebiet verbreitet zu sein. Specialangaben unzureichend.

Pedicularis sylvatica.

Giefsen 12 : Lindener Mark u. s. w. Wommelshausen 4. Güttersbach 40. Wildsachsen (bei Epstein) 25. Hadamar 10. Greifenstein 11. Weiperfelden 18. Frauenberg 5. Kilians-Herberge 13. Oberwald 13 : Goldwiese. Stockhausen 14. Buchenau 4. Damshausen 4. Ober-Dieten 4. Lixfeld 4. Langenhahn 9. H. — Kaichen 19 (Hörle*). Darmstadt 32 : Schnampelweg (n. Bauer). Rofsdorf 33 (n. Wagner). — Pfalz : gemein auf der Trias und Vogesias, bes. Kaiserslautern 44, Homburg 43, Zweibrücken 43 ; Rheinfläche bei Dürkheim 45, Maxdorf 45, Ludwigshafen 46, Frankenthal 46, Roxheim 39; Nahe-Gegenden 30. Heidelberg 46, Odenwald 40 (Schlz. S. 345). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Nassau (Fuck. Fl.). Siebengebirg 8 (Hildb.*). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

.	.	.	4	5	.	.
8	9	10	.	12	13	14
.	16	.	.	19	.	.
.	.	.	25	.	.	.
.	30	.	32	33	.	.
.	.	.	39	40	.	.
43	44	45	46	.	.	.

(unvollständig)

Hiernach wahrscheinlich durch das ganze Gebiet verbreitet. Specialangaben unzureichend.

Peristylus (Gymnadenia) albidus.

Nordwestl. von Ebschied 22. H. — Oberwald 13 : am Geiselstein (n. A. Purpus u. W. Scriba 1877) v. s.; am Forellen-Weiher (Fl. Wett.). Homburg 25 (Kobbe 1852) v. s. Taunus : Reifenberg 25, Bingen 30, Krofdorfer Wald 11 (Heyer, R. 364; D. u. Scr. S. 147). — Nördl. von Kreuznach 30 : Schiefergebirg (Schlz.*). Franzosenkopf im Hunsrück 23, Wald-Algesheim 30 (Poll. 1863, 236). Allenbach bei Idar 36 (Wirtg.*). Feldberg 25, Wiesbaden 24, Seeburger Weiher 9 (Fuck. Fl.). Horchheimer Wiesen 16 bei Coblenz, Linz 8, Siebengebirge 1 (Wirtg. Fl.). Idar-Plateau 29 (Wirtg.*). Ockelheimer Spitze 30 (Fuck.*). Remagen 8 (Hildb.*).

1	.	.	.	.	.	.
8	9	.	11	.	13	.
.	16	.	.	.	.	.
22	23	24	25	.	.	.
29	30	.	.	.	.	.
36	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Hiernach zerstreut über die höheren Niveaus des Gebietes, mit Ausnahme des südöstlichen.

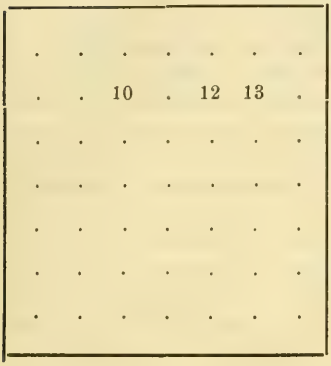
Peristylus viridis.

Rödchen 12. Gießen 12 : südl. vom Kreuzberg H. Oberhalb des Felsens (C. Eckhard). Bellingen 9; Rossert bei Epstein 25. H. — (Hey. R. 364). Nördl. Abhang des Stoppelbergs 12 (n. A. Paulitzky). Büttelborn 32 (n. Bauer). Büdingen 20 (n. Heldmann) : zwischen Hitzkirchen u. Rinderbiegen. Darmstadt : Georgen-Brunnen u. Dippelshof 33, auf den Sülzwiesen 32, Büdingen 20, Griesheim 32, Wolfskehlen 32, Dornheim 32, Hengster 26, Alzey 38 bis Kreuznach 30, Altenbuseck 12, Treis 12, Oberwald 13, Nieder-Wöllstadt 19, Rodheim 19, Münzenberg 12 (D. u. Scr. S. 147). — Pfalz : Rheinfläche vielfach, z. B. Neustadt 45, Mannheim 46, Frankenthal 46, Maxdorf 45, Lambsheim 45, Dürkheim 45, Speyer 46, Mußbach 45, Ruppertsberg 45, Forst 45, Friedelsheim 45; Hardt 45, südlich bei Ranschbach unter 45; Nahe und Glan vielfach, z. B. Kirn 29, Meisenheim 37, Kusel 43 (Schlz. S. 446). Gräfenbachthal 30 (Wirtg.*). Nassau vereinzelt; im Westerwald bei Rabenscheid 3 (n. Schüßler, Fuck. Fl.). Coblenz 15, Ems 16 (Löhr En.). Siegen 3 (Engstfeld*). Siegburg 1 (Hildb.*). Schlüchtern 21 (n. Schüßler).

1	.	3	.	.	.	.
.	9	.	11	12	13	.
15	16	.	.	19	20	21
.	.	.	25	26	.	.
29	30	.	32	33	.	.
.	37	38	.	.	.	.
43	.	45	46	.	.	.

Hiernach zerstreut durch den gröfsten Theil des Gebietes in allen Höhelagen.

Petasites albus.



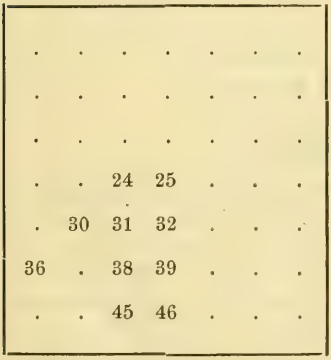
Driedorf im Westerwald 10 : auf einem feuchten Nord-Abhang gegenüber der Oelmühle (n. Lambert). Laubach 12 : Mauer des Schlofsgartens (n. R. z. Solms 1854). Früher bei Giefsen 12 : an der Lahn, Erlenbrunnen; Oberwald, auf der Raub im Vogelsberg 13 (D. u. Scr. S. 238; Hey. R. 197).

Hiernach nur vom Vogelsberg zum Westerwald.

Sonst in der Schweiz, Schwarzwald, Sachsen (Löhr En. 317).

Peucedanum alsaticum.

Laubenheim 30 (n. Polstorf). Monsheim 38 (1864). H. — Längs dem Rhein bei Mannheim 46. Worms 39, Ried 32 : Schwedensäule bis zur Mainspitze 32, Oppenheim 31, nach Laubenheim 31 in Seitenthälern, zw. Mainz 31 u. Bingen 24, 30, Osthofen 38, Mainufer 25, Bingen bis Kreuznach 30 (D. u. Scr. S. 381). — Pfalz : Rheinfläche vielfach, z. B. Speyer 46, Iggelheim 45, Friesenheim 46, Oppau 46, Mörsch 46, Roxheim 39, zw. Klein-Niedesheim 38, Heuchelheim 45, Freinsheim 45, Dürkheim 45 : Weinberge, Schlofs Oppenheim 31 (Schlz. S. 190). Heidelberg 46, Oberstein 36 (Löhr En.).



Hiernach ausschliefslich im oberen Rheingebiet in niederen Lagen, u. in entsprechendem Niveau der Seitenthäler.

Peucedanum Cervaria.

Rehbachthal 31. H. — Eremitage bei Kreuznach 30 (n. Polstorf). Geisberg bei Ober-Ingelheim 31. Schlofs Starkenburg 39. Langenbergheim 26. Judenborn bei Grüningen 12. Südwestl. von Winningen 15.

Scharlachkopf bei Bingen 30. Johannisberg bei Nauheim 19. H. — Kaichen 19 (Hörle*). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Zwischen Watzenborn 12 u. Steinberg (n. Heyer). Längs der Bergstrafse 39, Rheinthal von Mannheim 46 bis Worms 39, Rheinhessen auf Tertiär 38, 31, Nahethal 30, Seckbach 26, Pohlheimer Wäldchen bei Grüningen 12, Ortenberg 20 (D. u. Scr. S. 382). — Pfalz : Rheinfläche 46 hier und da, Hardtgebirge 45, Nahe-Gegenden 29, fehlt im Mittelzuge des Vogesen-Sandstein-Gebirges 44 (Schlz. S. 189). Schifferstadt 46, Dannstadt 46 (Schlz.*). Speyer 46, Maxdorf 45, Frankenthal 46, Neustadt 45 bis Grünstadt 38, Donnersberg 37 (Poll.), Coblenz 15, Winningen 15, Gondorf 15, St. Goarshausen 23, Bornhofen 23, Hammerstein 8, Ahrthal 8 (Wirtg. Fl.). Reichelsheim 19, Niederwald 23, Lorch 23 (Fuck. Fl.). Boppard 16 (Bach).

.	.	.	.	.	.	.
8	.	.	.	12	.	.
15	16	.	.	19	20	.
.	23	.	.	26	.	.
29	30	31	.	33	.	.
.	.	38	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach durch einen grofsen Theil des Gebietes in zwei Richtungen (Rhein, Wetterau) verbreitet, in niederen und mittleren Lagen. Wohl dem Löfshorizont angehörig.

Peucedanum Chabraei.

Winningen 15 : Conde-Mühle. H. — Kirn 29 (Bogenhard*). Moselthal von Coblenz 15 bis Trier (Wirtg. Fl.). Rheinthal von Basel bis Coblenz 15 (Löhr En.). Siegburg 1 (Hildb.).

Nach C. Noll* wohl aus Frankreich eingewandert.

Peucedanum officinale.

Darmstadt 32. H. — Selten zwischen Mainz 31 u. Bingen 24, 30 (n. Reifsig). Wiesen bei Hochheim 25 (Vogel*). Längs dem Rhein häufig 39 (D. u. Scr. S. 38). Trebur 32 (v. Spiessen*). — Pfalz : Rheinfläche vielfach, z. B. zw. Frankenthal 46, Maxdorf 45, Lambsheim 45, Oggersheim 46, Rheinwiesen von Carlsruhe bis Bingen 30; zw. Neustadt 45 u. Grünstadt 38 (Schlz. S. 188). Schifferstadt 46, Dannstadt 45 (Schlz.*). Wertheim 42, Frankfurt 26, Coblenz 15 (Löhr En.). Mosbach 24, Hattenheim 24 (Fuck. Fl.). Offenbach 26 (Becker*), im Fuldaschen ? 14 (Wen-

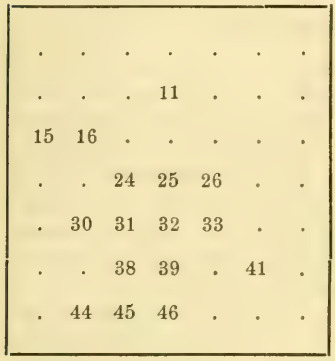
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	(14)
15	16	.	.	.	.	.
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	38	39	.	.	42
.	.	45	46	.	.	.

der. *). Nieder-Ingelheim 31 (Groos *). Oberlahnstein gegen Braubach 16 (P. Caspari *).

Hiernach in der Rhein-Niederung, isolirt weiter aufwärts am Main 42 und der Lahn 11.

Peucedanum Oreoselinum.

Schlofsberg bei Oppenheim 31. Rehbachthal 31. Gotthardberg bei Amorbach 41. Urberach 33. Rodalben 44. Nordöstl. von Elmstein 44. H. — Wilhelmsbad 26, Bieberer Mark 26, Dörnigheim 26 (Wender. *).

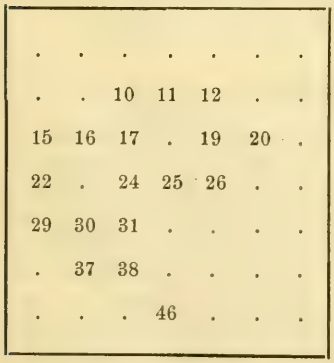


Römerhof bei Rödelheim 25 (nach C. Reufs). Horchheim 16 (n. Wirtgen*). Starkenburg 32, 39 und Rheinhessen 31, 38 gemein. Niederkleen 11 (D. u. Scr. S. 382). Gonsenheim 31 (von Spiessen *). — Pfalz : Rheinfläche vielfach, z. B. Maxdorf 45, Lambsheim 45, Oggersheim 46, Frankenthal 46, Oppenheim 32; Speyer 46, Schwetzingen 46, Mannheim 46, Darmstadt 32, Hardt 45, Nahe-Gegenden 30; von Kaiserslautern 44 bis Dürkheim 45 und nach Süden (Schlz. S. 189). Horchheim [?] bei Coblenz 15 auf von der Nahe herstammenden Geschieben (Wirtg. Fl.). Nassau : nur im Rhein- u. Mainthal : Okriftel 25, Flörsheim 25, Oestrich 24 (Fuck. Fl.).

Hiernach nur im niederen Niveau des Rheins und der Nebenflüsse; isolirt weiter aufwärts am Main 41 und der Lahn 11.

Phleum asperum.

Nauheim 19 (1848, H.). Ortenberg 20, Selters 20 (Hey. R. 418). Lettgesborn bei Stockheim 19 (n. Heldmann jr.). Altenstadt 19.



Langenbergheim 26. Rendel 26. Ilbenstadt 19. H. — Rockenberg 19 (n. H. z. Solms u. H. Meier). Mombach 24 am Schiefswall (n. Bauer). Frankfurt gegenüber 26 (W. Schaffner). Weisenau 31 (n. Reifsig). Oestl. v. Königsberg 11 (n. C. Heyer). Oberrad 26, Bonames 26 (Lehmann *). Flomborn 38, Wonsheim 37 (Dosch *. Knodt *). Schiffenberg 12, Garbenteich 12 (Uloth *). — Pfalz : Nahe bei Monzingen 29, Sponheim 30, Bingen 30; von Bingen bis Mainz 31 stellenweise, z. B. Gonsenheimer Wald 31,

auf dem „Sand“; Oppenheim 31 und Nierstein 31 auf Tertiärkalk; Ladenburg 46, Mannheim 46, zw. dem Relaishause 46 u. Friedrichsfeld (Schlz. S. 522). Martinstein 29, Meisenheim 37 (Schlz.*). Schwetzingen 46, Alzey 38 bis Kreuznach 30, Meisenheim 37 (Poll. 1863, 269). Mayenfeld 15; Rübenach, Bassenheim, Kobern 15. Runkel 17 (Wirtg. Fl.). Weilburg 10 (Löhr En.). Okriftel 25, Soden 25, Eltville 24, Simmern 16 (Fuck. Fl.).

Hiernach im niederen Rheinniveau, an den Nebenflüssen weit aufwärts.

Phleum Böhmeri (phalaroides Köl.).

Giefsen 12 : zwischen Garbenteich und Lich, auch sonst hier und da. H. — (Hey. R. 419). Rheingrafenstein 30. Mühlberg bei Nieder-Kleen 11. Seckbach 26. Oberfell 15 (n. Schlickum). Hüffelsheim 30. H. — Rockenberg 19 (n. H. z. Solms u. H. Meier). Ramholz 21 (nach C. Reufs). — Pfalz ·: von Neustadt 45 bis Dürkheim, bes. Deidesheim, Wachenheim; Kallstadt 45, Herxheim 45; Käferthal 46, zw. Speyer u. Oggersheim 46; Worms 39. Alzey 38, Steinbach 37 : auf den höchsten Bergen, Donnersberg 37; Mainz 31, Gonsenheimer Wald 31, stellenweise 24 bis Bingen 30, Nahe 30, Bergstrafse 39 (Schlz. S. 522). Schifferstadt 46, Dannstadt 45, Hardt bei Kreuznach 30 (Schlz.*). Mannheim 46 (Poll. 1863, 268). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Diez 17, Runkel 17, Camp 16, Schwanheim 25 (Fuck. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Frankfurt 26; bei Frienweinheim 31 (Fuckel*). Siegburg 1, Erpeler Ley etc. 8 (Hildb.*).

1	.	.	.	.	.	.
8	.	.	11	12	.	.
15	16	17	.	19	.	.
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	.	.	.	.
.	37	.	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach im gröfsten Theile des Rheinsystems, aufsteigend bis zur oberen Kinzig 21. Meist auf niederen und mittleren Isohypsen.

Physalis Alkekengi.

Giefsen : früher an der Hardt 12 (Hey. R. 270). Kalk-Steinbruch nördl. von Hochweisel 18. Oestl. von Königsberg 11. Billigheim 48. Lohr bei Seckbach 26. Arnstein 16. H. — Ilbenstadt 19 : Nonnenwald (Hörle) v. s. — Ramholz 21 (n. C. Reufs). Zwischen Ranstadt und Nidda 20 : westl. der Chaussee an der Hardt auf Basalttuff (nach Heldmann). Zwingenberg 39, Nierstein 31 (n. Reifsig). Weinberge bei Runkel 17, Rüdesheim 30, Hochheim 25 (Vogel*). Bieberthal 11 : vor den Kalkbrüchen (n. Mettenheimer 1849). Rheinhessen 31, 38, Kreuznach 30, Grofs-Gerau 32 bis Griesheim 32, Rillscheit bei Bieber 11,

Vilbel 26, Leidhecken 19 (D. u. Scr. S. 332). — Pfalz : Rheinfläche bei Speyer 46, Rheinhausen 46, Berghausen 46, Dürkheim 45, Odernheim 31, Kallstadt 45, stellenweise bis Mainz 38, 31; Ockenheim bei Bingen 30, Guldenbachthal nach Winzenheim 30 bei Kreuznach, Meisenheim 37, Muschelkalk des Westrichs : neben 43 (Schlz. S. 315). Neu-Lufsheim 46, Mannheim 46, Rosenheim bei Kreuznach 30 (Poll. 1863, 188). Oberes Moselthal (Wirtg. Fl.). Coblenz 15, Boppard 16, Andernach 8, Erpel 8 (Löhr En). Nassau : Main-, Rhein- u. Lahnthal einzeln (Fuck. Fl.). Langen-Lonsheim 30 (Bach Fl.).

.	.	.	.	.	.	.
8	.	.	11	12	.	.
15	16	17	18	19	20	21
.	23	24	25	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	37	38	39	.	.	.
.	.	45	46	.	48	.

Hiernach schliefst sich das Areal dem Rhein und seinen Nebenflüssen (bis weit aufwärts) an, in niederen und mittleren Lagen.

Phyteuma nigrum.

Giefsen 12 : Lindener Mark, Giefsener Wald, Hangelstein und sonst. Südöstl. von Münzenberg 19. Dornholzhausen 18, Wehrbach 18. Beilstein bei Lauterbach 14. Stockhausen 14. Eichelhain 13. Feldkrücker Höhe 13. Londorf 12. Homberg 5. Romrod 6. Rainrod 6. Eifa 6. Falkenstein 25; auf *Wiesen* bei Königstein 25. Bortshausen 5. Kloster Tiefenthal bei Rauenthal 24. Niederwald 23. Ockershausen 5. Allna 5. Laubach 12. Kilians-Herberge 13. Beilstein 13. Herbstein 13. Zwischen Lauterbach u. Frischborn 14 : cum var. *amethystea* (hechtblau). Südöstl. von Hachenburg 9. Heuzert 2 : auf *Wiesen*. Rossert bei Epstein 25. H. — Kaiserslautern 44 (Trutzer*). Kaichen 19 (Hörle*). Spessart 34 (Behlen*). — In der ganzen Pfalz sehr gemein (Schlz. S. 288). Rheinpreufsen häufig (Wirtg. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Nassau nicht selten (Fuck. Fl.). Büdingen 20 (Thylmann).

.	2	*3*	*(4)*	5	6	.
	2			*5*		
8	9	*10*	*11*	12	13	14
	9			*12*	*13*	*14*
15	*16*	.	18	19	20	*21*
15				*19*		
.	23	24	25	.	.	.
			25			
29	*30*	*31*	.	*33*	34	.
					34	
.	.	.	.	*40*	.	.
.	44	.	*46*	.	.	.

(unvollständig)

Hiernach vielleicht durch das ganze Gebiet verbreitet. Specialangaben unzureichend. (Die Cursiv-Ziffern stellen das Areal von *P. spicatum* vor.)

Phyteuma orbiculare.

Giefsen 12 : südwestl. von der schönen Aussicht auf dem Kreuzberg in der Sumpfwiese (1856). Rupperteurod 13. Storndorf 13. Lauterbach

14. Stockhausen 14. Feldkrücker Höhe 13. H. — (Hey. R. 244). Marburg 5 (Mönch*). Grünberg 12. Kiliansherberge 13. Schotten 13.

.	.	.	.	5	.	.
.	.	10	.	12	13	14
.	.	.	.	.	20	.
.	.	24	.	.	.	.
.	30	31	.	.	.	.
.	.	38	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Oberwald 13 : östl. vom Geiselstein. Südl. von Eisenbach 14. Lauterbach 14. Allmerod 13. Ulrichstein 13. Wohnfeld 13. Weickhardshain 12. Grünberg 12. H. — Jägerthal bei Büdingen (n. Thylmann). Laubach 12 : im Schlofsgarten und sonst (n. Graf F. z. Laubach). Ganseburg östl. von Giefsen 12 (n. C. Eckhard). Zwischen Breungeshain u. Hoherodskopf 13 (n. Heldmann). Tertiärkalk von Mainz 31 bis Bingen 30, Lonsheim 38, Kreuznach 30, Gau-Algesheim 31; von Ruppertenrod 13 im Ohmthal aufwärts (D. u. Scr. S. 282). Nieder-Ingelheim 24 bis Finthen 31 u. Gonsenheim 31 (Schlz. S. 287). Ockenheim 30, Eifel (Wirtg. Fl.). Beilstein bei Herborn 10, Westerburg 10, Wiesbaden 24 (Fuck. Fl.). Mombach 24 (Fuck.*).

Hiernach weit zerstreut über wenige Punkte des Gebietes in hohen und mittleren Lagen.

Phyteuma spicatum L.

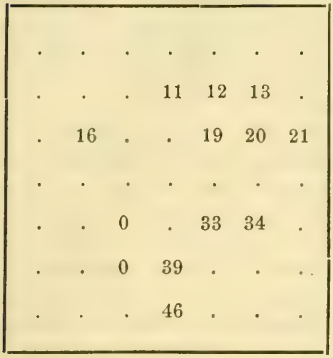
Nordwestl. vor Arnsburg 12. Lindener Mark 12 einzeln. Lich 12. Güttersbach 40 (Buntsandstein). Sickendorf 14. Sackpfeife nördl. von Biedenkopf (über 4). Arnsburg 12. Freiensteinau 21. Oberwald 13 beim Geiselstein. Dirlammen 13 geg. Allmerod. Freienseen 13. Marienstadt bei Hachenburg 10; Ehrlich 2. Fehlheimer Wäldchen bei Hungen 19. Teufels Kanzel auf dem Hangelstein bei Giefsen einzeln 12. H. — Marburg 5 (Wend.). Pohlheimer Wäldchen bei Grüningen 12 (Hey. R. 244). Kaichen 19 : im Hainwald (Hörle). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Spessart 34 (Behlen). Fehlt in Rheinhessen (D. u. Scr. S. 283). — Pfalz : Waghäusel 46, Wiesloch 46, Heidelberg 46, Weinheim 46, Kreuznach 30 (Schlz. S. 288). Soon- u. Hochwald 29 (Poll. 1863, 177). Westerwald vom Salzburger Kopf 3 bis zum Rhein 9, 8, der Lahn 10 u. Sieg 3 (Wirtg. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Taunus 25, Dillenburg 3, Wetzlar 11, Weilburg 10 (Fuck. Fl.). Siegen 3 (Engstfeld*). Leniaberg westl. bei Mainz 31 (n. v. Reichenau). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Das Areal schliefst sich dem von Ph. nigrum an und wird von ihm gedeckt. S. die Karte auf Seite 11 : P. nigrum. Wohl nur Varietät.

Pimpinella magna.

Giefsen : Lindener Mark 12, östl. von Krofdorf 11, Stolzemorgen 12, Hardt 11. Klimbach 12. Leihgestern 12. Königsberg 11. Bieberthal 11.

Nieder-Wöllstadt 19. Wachenberg 46. Büdingen 20. Wohnbach 19.



(unvollständig

Eckartsborn 20. Soden 34! Grofs-Rechtenbach 11. Hof Haina 11. H. — (Hey. R. 159). Oberwald 13 : Geiselstein (n. A. Purpus u. W. Scriba). Kaichen 19 (Hörle*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Bergstrafse 39; fehlt in Rheinhessen (n. Reifsig). — Pfalz : fast überall (Schlz. S. 179). Nassau : nicht selten (Fuck. Fl.). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

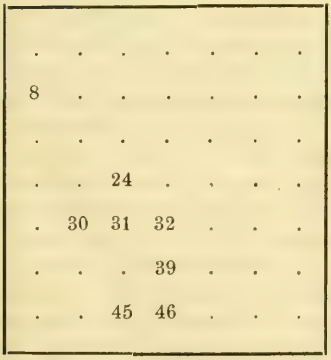
Hiernach vermuthlich durch den gröfsten Theil des Gebietes in allen Höhenlagen verbreitet. Specialangaben unzureichend.

Pimpinella Saxifraga dissectifolia.

Giefsen 12 : Launsbach, Hefslar. Feld vor dem Schiffenberger Walde. H. — Ramholz 21 (n. C. Reufs). Nieder-Gemünden 13 (A. Rücker, v. s.).

Plantago arenaria.

Südöstl. von Eberstadt 32. H. — Kiefern-Waldungen von Bingen 30



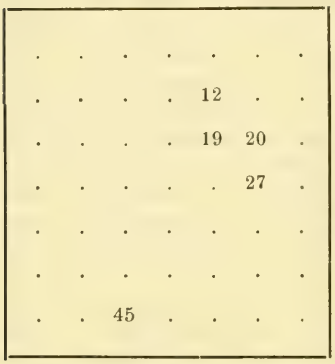
bis 24, Mainz 31, Grofs-Gerau 32 bis 39, Virnheim 46; Schwetzingen 46, Kreuznach 30, Bosenheim 30 (D. u. Scr. S. 222). — Pfalz : Rheinfläche bei Speyer 46, Dudenhofen 46, Harthausen 45, Hanhofen 45, Schifferstadt 46, Ellerstadt 45, Schwetzingen 46, Relaishaus 46, Atzelhof bei Mannheim 46, zw. Käferthal 46 und Sanddorf 39; Bickenbach 39, zw. Mainz 31 u. Nieder-Ingelheim 24 (Schlz. S. 380). Nicht im preufsischen Gebietstheil (Wirtg. Fl.). Fehlt in Nassau (Fuck. Fl.). Neuwied 8 (Melsheim*).

Hiernach nur im niederen Theile des oberen und mittleren Rheinthals und der nächsten Umgebung, in niederen Lagen.

Plantago maritima.

Salzhausen 20. Wisselsheim 19. Nauheim 19. (Nicht bei Kreuznach und Münster am Stein 30). Selters 20 : Salzwiese. Saline Dürkheim 45.

H. — Münzenberger Salzwiese 12 (Heyer*, A Braun 1851). Fehlt im preufsischen Gebietstheil und sonst. Nicht in Nassau (Fuck. Fl.). Fehlt auch bei Kissingen, H. Nidda 20 (Hey. R. 311). Orb 27 (L. Westernacher).



Hiernach in unserem Gebiete nur an salinischen Stellen, und zwar nur an einigen. Ist vielleicht an den anderen noch zu finden.

Sonst an der Nord- u. Ostsee, am südl. Litoral u. s. w., stellenweise bis in die Alpen (Löhr En. 569). Ueberhaupt zerstreut über fast ganz Europa verbreitet, und weiter : Nord-Amerika, Cap Hoorn, Sibirien, Aleuten, Neu-Seeland.

Ist eine Form der Pl. alpina. (S. 16. Ber. d. oberhess. Ges. S. 29. Bot. Ztg. 1877, Nr. 17 f.)

Platanthera chlorantha (montana Rchb.).

Giefsen 12, Schiffenberger Wald vor Hausen. Bieberthal 11 : Obermühle. Hof Haina 11. Rettert 16. Runkel 17. Lippe 3 : Plateau des Salzburger Kopfs auf *Wiesen*! zahlreich. — Heiligenborn östl. vom Lahnhof 4. H. — (Hey. R. 365.) Westl. bei Braunfels 11 (n. A. Paulitzky). Grofs-Zimmerner Mark 33 (n. Bauer). Geiselstein im Oberwald 13 (n. Heldmann). Schäferberg bei Hanau 26, Taunus 25 (n. Theobald). Zwingenberg 39 (n. Reifsig). Traisa 32, Dippelshof 33, Bergstrafse 39, Wonsheim 37, Arnsburg 12, Johannisberg bei Nauheim 19 (D. u. Scr. S. 146). — Pfalz : Glan u. Nahe : bei Kreuznach 30, Steinalbthal zw. Niederalben u. Grünbach 36; Hardt bei Gräfenhausen 44, Eusserthal 44, Dernbach 44, Jugenheim 39, Heppenheim 39, Hemsbach 39, Weinheim 46, Leutershausen 46, Schriesheim 46, Heidelberg 46, Leimen 46, Nufsloch 46, Wiesloch 46, Maisbacher Hof 46 (Schlz. S. 447). Speyer 46 (Ney*). Allenbach bei Idar 36 (Wirtg.*). Montabaurer Höhe 16, zw. Königstein u. Feldberg 25, Langenaubach 3, Marienberg 10, Weilburg 10 (Fuck. Fl.). Laach 15 (Wirtg. Fl.). Rechtes Rheinufer bei Coblenz 16, Linz 8, Siebengebirge 1 (Löhr En.).

1	.	3	4	.	.	.
8	.	10	11	12	13	.
15	16	17	.	19	.	.
.	.	.	25	26	.	.
.	30	.	32	33	.	.
36	37	.	39	.	.	.
.	44	.	46	.	.	.

Hiernach regellos über das Gebiet verbreitet, in allen Höhelagen.

Poa sudetica Hk. (Chaixii Vill., sylvatica Vill.).

Giefsen 12 : Lindener Mark, Annaberg. Hangelstein. Hausberg, Oes, Hausen 18. Hatzfeld (über 4). H. (Hey. R. 431). — *Taufstein* 13 (n. Heldmann). Orb 27; Oberwald 13 : am Landgrafen-Brunnen (nach Theobald). Griesheim 32, Binger Wald 30, Kirchheim-Bolanden 38 (D. u. Scr. S. 60). — Pfalz : Oberstein 36 : in der Winterhauch, *Donnersberg* 37 (Schlz. S. 542). Dürkheim 45 : vom Jägerthal bis Drachenfels (Poll. 1863, 276). Südseite des Soonwaldes am Thiergarten 29 (Wirtg. *). Zw. Neidenfels u. Lambrecht 45 (Böhmer*). Rheinpreufsen auf Grauwacke, fehlt auf der Kalkeifel (Wirtg. Fl.). Coblenz 15, Remagen 8, Ahrthal 8 (Löhr En.). *Feldberg* 25, Oestricher Wald 24, im Bodenberg bei Langenaubach 3, Weilthal 18 (Fuck. Fl.). Siegen 3 (Engstfeld*). Oberlahnstein 16 (Caspari*).

.	.	3	(4)	.	.	.
8	.	.	.	12	13	.
15	16	.	18	.	.	.
.	.	24	25	.	27	.
29	30	.	32	.	.	.
36	37	38	.	.	.	.
.	.	45	.	.	.	.

Hiernach anscheinend regellos zerstreut über die höchsten bis mittleren Lagen des Gebietes.

Podospermum laciniatum.

Hochheim 25 (n. Lehmann). Rheinhessen 31, 38 : gemein auf Tertiärkalk; Ried 32 : Geinsheim, Wallerstädten; Salinen von Nauheim 19 (D. u. Scr. S. 276). Rheinfläche bei Deidesheim 45, Forst 45, Gönnheim 45, Ellerstadt 45, Oggersheim 46, Mannheim 46, Frankenthal 46, Grofs- u. Klein-Niedesheim 38, Worms 39, Alzey 38, Darmstadt 32, Mainz 31, Bingen 30, von da durch das Nahethal fast überall, z. B. Kreuznach 30, Sobernheim 30, Staudernheim 30; Zweibrücken 43 (Schlz. S. 264). Neustadt 45, Schwetzingen 46, Heidelberg 46 (Poll. 1863, 171). St. Goar 23 (Wirtg. Fl.). Mainthal von Mainz bis Würzburg (Löhr En.). Flörsheimer Steinbruch 25, zw. Schierstein u. Nieder-Walluf 24, zw. Oestrich u. Mittelheim 24 (Fuck. Fl.).

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	19	.	.
.	23	24	25	26	.	.
.	30	31	32	.	34	35
.	.	38	39	.	41	42
43	.	45	46	.	.	.

Hiernach nur im oberen u. mittleren Rheinsysteme und weit aufwärts in deren Nebenthälern, in niederen Niveaus. Nicht rheinabwärts.

Polycnemum arvense.

Gieſsen 12 : gegen Badenburg. Zwischen Sieben Hügel u. Weddenberg 11. H. — (Hey. R. 317.) Zwischen Groſs-Gerau und Schönauer Hof 32 : im Kiefernwalde (nach Reifsig). Hardt bei Gieſsen 11 (nach C. Heyer). Darmstadt 32 : hinter dem Schieſshaus, Kranichstein 32, Langen 33, durch das Ried 32 u. das Rheinthal 31, Mainz 31, Mannheim 46, Schwetzingen 46, Kreuznach 30, Gieſsen: Wiesecker Feld 12 (D. u. Scr. S. 207). — Pfalz : Rheinfläche bei Meckenheim 45, Dürkheim 45, am Donnersberg 37; Martinstein 29, Baumholder 36, zw. Niederalben 36 u. Irzweiler; Zweibrücken 43 (Schlz. S. 382). — Waghäusel 46 (Poll. 1863, 213). Mayenfeld 15 (Wirtg. Fl.). Okriftel 25, Hadamar 10, Runkel 17, Diez 17, Weilmünster 18 (Fuck. Fl.). Frankfurt 26, Hanau 26, Neuwied 8 (Löhr En.). Alzenau 27 (Rufs*).

.	.	.	.	.	.	.
8	.	10	.	12	.	.
15	.	17	18	.	.	.
.	.	.	25	26	27	.
29	30	31	32	33	.	.
36	37	.	.	.	.	.
43	.	45	46	.	.	.

Hiernach nur in den Thälern des Rheins und an seinen Nebenflüssen weit aufwärts. Niederes und mittleres Niveau.

Polygala amara.

Gieſsen 12 : Udebornwiese. Ruppertenrod 13. Güttersbach bei Hüttenthal 40. Ostern 40. H. — Marburg 5 (Wender.*). Am Reichebach hinter Falkenstein 25 (Vogel*). Friedewald 3 (Schumann*). — Pfalz : Rheinfläche bei Frankenthal 46, u. vielfach sonst, Kreuznach 30, Zweibrücken 43 (Schlz. S. 73). Ochtendung 15 (Bach). Amt Hachenburg 4, Dillenburg 3, Oestrich 24 (Fuck. Fl.). Aus Rheinpreufsen sonst keine speciellen Standorte (Löhr En., Wirtg.). Geiselstein 13 u. s. w. (Hey. R. 45). Bruchköbel 26, Bieber 27, Darmstadt 32, Mühlheim 26 (Wett. Ber. 1868, 83).

.	.	3	4	5	.	.
.	.	.	.	12	13	.
15	.	.	.	.	.	.
.	.	24	25	26	27	.
.	30	.	32	.	.	.
.	.	.	.	40	.	.
43	.	.	46	.	.	.

Hiernach sehr zerstreut an wenigen Stellen von den niedersten bis zu den obersten Höhenlagen. Wohl nur local ausgeschiedene Varietät der P. vulgaris.

Polygala depressa.

Struther Häg bei Eifa 7. Stedebach 5. H. — Schiffenberger Wald 12, Oberwald 13 (Hey. R. 45). Darmstadt 32 : Weg von Kranichstein nach Arheiligen (n. Bauer). — Pfalz : Rheinfläche 46, 45; ganze Vogesen-Sandstein-Formation, z. B. Wilgartswiesen (unter 44), bis zum hohen Heltersberge 44, Schopp 44, Trippstadt 44, bis Kaiserslautern 44, Landstuhl 43, Homburg 43; Heidelberg 46 (Schlz. S. 72). Oberstein 36 : Kirch-Bollenbach, Winterhauch; bleibt verpflanzt unverändert (Schlz.*). Montabaurer Höhe 16, Platte 24 (Fuck. Fl.). Hunsrück 22, Westerwald 3 (Wirtg., Reise-fl.). Im preufs. Gebietstheile ziemlich überall (Bach). Bieber 27, Homburg 25 (Wett. Ber. 1868, 83). Rheinbrohl 8, Grenzhausen 9, Alsbach 9, Laudert, Bubach, Horn 22 (Wirtg. Fl. ed. 2, 249). Laacher See 15 (Blenke*).

.	.	3	.	5	.	7
8	9	.	.	12	13	.
15	16	.	.	.	.	.
22	.	24	25	.	27	.
.	.	.	32	.	.	.
36	.	.	.	.	.	.
43	44	45	46	.	.	.

Hiernach sehr zerstreut über wenige Stellen des Gebietes in allen Horizonten. Wohl nur locale Varietät der P. vulgaris.

Polygonum Bistorta.

Gieſsen 12 : Schiffenberger Wald (im *Walde*). Vogelsberg : Geiselstein 13. Löhrbach 47. Wehrbach 18 : auf *Wiesen*. Usthal 18 : Wiesen. Rödelheim 25 : im Walde. Oes 18 : Wiesen. Nordöstl. v. Ruppertenrod 13. Kestrich 13. Windhausen 13. Sickendorf 13. Güttersbach (bei Hiltersklingen) 40 : auf Wiesen. Schwalm bei Hopfgarten 6. Eckelshausen 4. Marienberg 10. Rüdingshain 13. Breungeshain 13. Rinderbiegen 20. Laubach 12 : Wiese. Altenschlirf 14 : Wiese. Nieder-Moos 21 : Wiese. Burbach 3 : Wiese. Burgjoss 28 : Wiesen. Kilians-Herberge 13. Schotten 13. Eschenrod 13. Westl. von Herbstein 14. Blitzenrod 14 : auf Wiesen (so im ganzen Vogelsberg). Allmerod 13. Dirlammen 13. Ulrichstein 13. Langwasser 13. Bissenberg 11. Mittelhöfen 10. Westerburg 10 (Wiesen). Langenhahn 9. Hachenburg 9 : *var. purpurea*. H. — (Hey. R. 319.) Ramholz 21 (n. C. Reufs). Niederwiese bei Darmstadt 32 (nach Bauer). Königstein 25, Falkenstein 25 (n. Wendland). Griesheim 32, Rödchen 12, Offenbach 26, Busecker Wald 12, Königsberg 11, Laubacher

.	.	3	4	5	6	.
8	9	10	11	12	13	14
.	16	.	18	.	20	21
.	0	0	25	26	.	28
.	30	.	32	.	.	.
.	.	38	39	40	.	.
43	44	.	46	47	.	.

Wald 12, Biedenkopf (über 4), Ziegenberg 18 (D. u. Scr. S. 209). — Odenwald 40, Weinheim 46, Schriesheim 46, Rheinfläche bei Griesheim 32, Frankenthal 46, Ladenburg 46, Speyer 46, Mufsbach 45, Göllheim 38, Grünstadt 38; Wilgartswiesen 44 bei Annweiler östl. bis Ramberg 45; Waldfischbach 43, Kaiserslautern 44, Leininger Thal 38; Westrich bei Neu-Hornbach unter 43; Kreuznach 30 (Schlz. S. 392). Bliesthal bei Zweibrücken 43 (Schlz.*). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Nassau . . ; fehlt im Main- u. Rheinthal u. bei Reichelsheim 19 (Fuck. Fl.). Marburg 5, Fulda 14 (Wender. Fl. 117). Ahrthal 8 (Hildb.*). Jugenheim 39 (n. v. Reichenau). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Hiernach regellos zerstreut über den gröfsten Theil des Gebietes, in allen Niveaus. In der Regel in niederen Lagen im Walde, in hohen Lagen dagegen im Freien. (Dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei Phyteuma nigrum, Vaccinium Myrtillus u. Vitis idaea, Platanthera chlorantha; vgl. auch Geum rivale.) Uebrigens durch die ganze nördliche Hemisphäre verbreitet.

Polypodium Dryopteris.

Arealkarte : Oberhess. Ges. Ber. 13, 1869, t. 5. Nachträge. Vorberge des Spessart 27, Feldberg 25, Alt-König 25, nordöstl. von Büdingen 20, Bieber 27, Brückenau : neben 21 (Wetter. Abh. 1858, 249). Obertshausen 26 (Rufs*). Eschenrod 13, Beilstein 13. Biedenkopf (über 4). Lixfeld 4. Frankenstein 32. Park bei Kranichstein 32 (n. Bauer). Katzenloch 29 (Wirtg.*).

Das frühere Arealbild wird hierdurch nicht verändert mit Ausnahme des letzten Standortes. Wohl durch das ganze Gebiet verbreitet. — Die Pflanze geht durch ganz Europa, ihr Areal greift weit über jenes von P. Robertianum hinaus (z. B. Sibirien, Kamtschatka, Aleuten, Felsgebirge, Bärensee, Columbia-Fl., Canada, Neufundland. — Fliegende Samen.).

Polypodium Phegopteris.

Südwestl. v. Hachenburg 9. Oberwald 13. Rothenbuch 34. Altenburg bei Soden 34! H. — Oestl. von Ernsthofen 40 nach dem Lützelbach, Rodenstein 40, Neunkircher Höhe 40, Hoxhohl 40, Knoder Höhe 40, Darmstadt in der Tanne : Weg nach Pfungstadt 32 (n. Bauer). Spessart 34 (Behlen*). Südl. von der Schmitta 11 bei Gieſsen (n. Oeser). Odenwald 40, Schotten 13, Laubach 12, Nahethal 30 (D. u. Scr. S. 16). — Pfalz : Kaiserslautern 44, Espelsteeg, Hardtgebirge 45 bis zur Saar : neben 43 u. zum Donnersberg 37; z. B. Zwei-

1	.	3	4	5	.	.
.	9	10	11	12	13	14
.	16	.	18	.	20	.
.	.	24	25	26	27	.
29	30	.	32	.	34	.
.	37	.	.	40	.	.
43	44	45	.	.	.	.

brücken 43, Nahe-Gebiet 30, 29 an vielen Stellen (Schlz. S. 566). Rheinpreufsen ziemlich häufig (Wirtg. Fl.). Schäferberg [? bei Hanau 26], Vorberge des Spessart 27 : Alzenau . . , Bieber 27 (Wett. Abh. 1858, 249), Sackpfeife bei Biedenkopf : über 4 (Heyer*). Marburg 5 (Heldm.*). Fulda 14 (Lieblein*). Büdingen 20 (Becker*). Ganzer Taunus 25, 24 (Genth*). Altweilnau 18 (Bayrhof.*). Westerburg 10 (Genth*). Dillenburg 3 (Meinhard*). N. Dresselndorf 3 (Dörrien*). Boppard 16 (Bach Fl.). Löwenburg, Rhöndorfer Thal 1 (Hildbd.*).

Hiernach regellos zerstreut durch das Gebiet, in mittleren und höheren Lagen.

Polypodium Robertianum (calcareum).

.	.	.	.	.	.	.
8	.	10	.	.	.	.
.	16	.	18	.	.	.
.	23	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
43	.	45	46	.	48	.

Weilburg 10 : Schlofsmauer (1862). H. — Pfalz : Altweilnau 18 (Bayrh.*). Mosbach 48 : auf Muschelkalk, Schwetzingen 46 : Mauer; Zweibrücken 43, Deidesheim 45 (Poll. 1863, 287). Rheinthal 23 gegenüber der Lurlei bei Oberwesel, Reservoirs bei Weilburg 10, Tönnisstein 8 im Brohlthal (Wirtg. Fl.). St. Goar 23, Boppard 16 (Bach Fl.).

Hiernach ganz regellos zerstreut über einige wenige Punkte des Gebietes, in mittleren und niederen Höhenlagen. Weit zerstreut durch Europa.

Polystichum (Aspidium) cristatum.

Hengster 26 (1849). H. — Bulau bei Hanau 26, Bieber 27 (Wett. Abh. 1858, 250). Neunkircher Höhe 40, Güttersbach 40, Stierbach 40, Crumbach 40 (Scriba*). Zwischen Darmstadt u. Rofsdorf 33 (Schnittsp.*). Parkwiesen gegen Messel 33, Walldorf 25, auf den Sülzwiesen 32 (Scriba*, Dosch*). Echzell 19 (Scriba*). Vilbeler Wald 26 (Stein*). — Pfalz : Kaiserslautern 44 olim (Schlz. S. 567). Sobernheim 30 (Bogenhard*). Siegburg 1 (Wirtg. Fl.). Marburg 5 (Heldm.*). Giefsen 12 : Erlenbrünnchen, Stolzemorgen; Dünsberg 11, Oberwald 13 (Heyer*).

1	.	.	.	5	.	.
.	.	.	11	12	13	.
.	.	.	.	19	.	.
.	.	.	25	26	27	.
.	30	.	.	33	.	.
.	.	.	.	40	.	.
.	44	.	.	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut über wenige Punkte des Gebietes von den höchsten zu den niedersten Lagen. Sümpfe, Felsschluchten.

Polystichum (Aspidium) Oreopteris (montanum Vogl.).

Wallernhausen 20. H. — Vorberge des Spessarts 27, Somborn 26, Hanau 26 : Bulau, Bieber 27, Marjos 28, Rinderbiegen 20 (Wetter. Abh. 1858, 250). Steinheim 26 (Kretzer*). Platte 24, Oberhain 18 (Genth*), Braubach 16 (Röhling*). Dresselndorf 3 (Dörrien*). Roth 10 (Meinhard*). Rabenkopf bei Oestrich 24 (Fuckel*). Ernsthofen 40, Webern 40 (n. Bauer). Marburg 5 (Dillen*). Um Gieſsen 12 : Staufenberg-Mainzlarer Wald 12, nördl. vom Krumbacher Pfarrwald 4 (Heyer). In den Schiffenberger Wald *verpflanzt* (von C. Heyer). Durch den ganzen Odenwald 40, Taunus 25, Vogelsberg 13, zwischen Darmstadt u. Roſsdorf 33, gegen Traisa 32 (D. und Scrb. S. 19). — Pfalz : Vogesias fast überall : Kaiserslautern 44, Trippstadt 44, Hohenecken 44, Vogelwoog 44, Einsiedel 44, Landstuhl 43; zw. Kais. u. Homburg 43 (Schlz. S. 567). Zweibrücken 43 (Poll. 1863, 288). Allenbach u. Hüttgeswasen nordwestl. von Idar : neben 29 (Wirtg.*). Montabaurer Höhe bei Coblenz 16, Grenzau 9, Isenburg 8, Wirdbachthal bei Neuwied 8 (Wirtg. Fl.). Krofdorfer Wald 11 (Heyer*). Oelberg 1 (Hildbd.*).

1	.	3	4	5	.	.
8	9	10	11	12	13	.
.	16	.	18	.	20	.
.	.	24	25	26	27	28
29	.	.	32	33	.	.
.	.	.	.	40	.	.
43	44	.	.	.	.	.

Hiernach weit und regellos zerstreut über viele Punkte des Gebietes in hohen und mittleren Horizonten.

Polystichum (Aspidium) Thelypteris.

Hengster 26 (1849, H.). Nördl. v. Groſs-Gerau 32. H. — Darmstadt 32 : Waltersteich u. am Treisaer Wege (n. Bauer). — Pfalz : Rheinfläche zw. Friedelsheim 45, Wachenheim 45 und Forst 45 (Schlz. S. 567). Waghäusel 46, Sanddorf 39 (Poll. 1863, 288). Allenbach u. Hüttgeswasen bei Idar : neben 29 (Wirtg.*). Laacher See 15 : Westseite, Siegburg (Wirtg. Fl.). Um Hanau 26, Offenbach 26, Frankf. Forsthaus 25, Vogelsberg 13 (Wetter. Abh. 1858, 249). Groſs-Auheim 26, Steinheim 26 (Becker*). Sieberts 14 (Lieblein*). Westerwald [10?] (Meinhard*). Altweilnau 18, Obernhain 18 (Bayrh.*). Frohnhausen 4 (Wagner*).

1	.	.	4	.	.	.
8	.	(10)	.	.	13	.
15	.	.	18	.	.	.
.	.	.	25	26	.	.
29	.	.	32	.	.	.
.	.	.	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut über wenige Punkte des Gebietes; vorzugsweise sumpfige Niederungen. (Wie P. cristatum überwiegend in der Meridian-Richtung. Vögelzug ?)

Potamogeton densus.

Eschollbrücken 32. Griesheimer Sümpfe 32. Traishorloff 19. H. — Angeblich bei Gieſsen 12 (Hey. R. 350). Dornheim 32 (n. Bauer). Ganze Riedgegend 32, Rheinhessen 31, 38, Nahe 30, Neckar 46 (D. u. Scr. S. 160). — Pfalz : zw. Mainz 31 u. Delkum [? Delkheim], Mannheim 46 : Relaishaus (Schlz. S. 431). Weilbach 25, Wiesbaden 24, Hachenburg 2 (Fuck. Fl.). Früher bei Coblenz 15 (Wirtg. Fl.). Freienweinheim 31 (Fuck.*).

.	2	.	.	.	.	.
.	.	.	.	(12)	.	.
15	.	.	.	19	.	.
.	.	24	25	.	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	38	.	.	.	.
.	.	.	46	.	.	.

Hiernach im engeren oberen und mittleren Rheingebiet, isolirt bei Coblenz, Main 19 und Sieg 2 aufwärts bis zu mittleren und höheren Niveaus.

Potamogeton gramineus L (heterophyllus S).

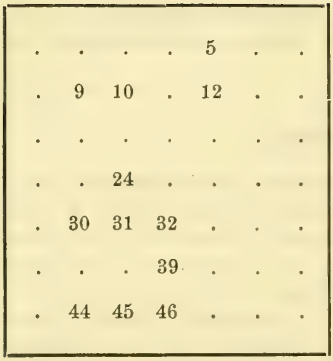
Gieſsen 12 (Hey. R. 352). Grofs-Zimmerner Weide 33 (n. Bauer). Entensee bei Offenbach 26 (n. Lehmann). Budenheim 24 (n. Reifsig). Trebur 32, Ginsheim 32, Astheim 32, Mainz 31, Oppenheim 32, Kammerhof bei Leeheim 32, Münster 33! (D. u. Scr. S. 158). — Pfalz : Rheinfläche bei Mannheim 46, Friesenheim 46, Oppau 46, Frankenthal 46, Mörsch 46, Bingen 30, von da bis Kreuznach 30 (Schlz. S. 428). Ludwigshafen 46 (Poll. 1863, 229). Nassau : ? Main u. Rhein 25, 24, 23, 16 (Fuck. Fl.). Bulau bei Hanau 26 (Fl. Wett.), früher bei Marburg 5 (Wender.*).

.	.	.	.	5	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	(16)	.	.	.	.	.
.	(23)	24	(25)	26	.	.
.	30	31	32	33	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	46	.	.	.

Hiernach fast nur in den niederen Lagen des engeren Ober- u. Mittelgebietes des Rheins.

Potamogeton lucens.

Arnsburg 12 : Wetter. Eich 39. H. — (Hey. R. 352). Starkenburg 32 u. Rheinhessen 31 gemein; Klingelfluſs bei Gieſsen 12 (n. Heyer).



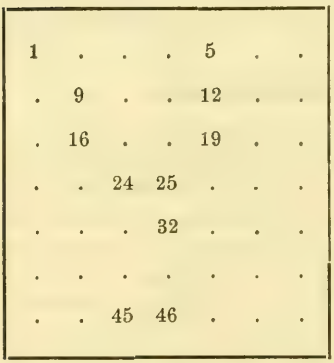
.	.	.	.	5	.	.
.	9	10	.	12	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	24	.	.	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	.	39	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Laubacher Schlofsgarten 12 (D. u. Scr. S. 159). — Pfalz : Rheinfläche bei Neustadt 45, Rheinhausen 46, Speyer 46, Otterstadt 46, Ketsch 46, Neckarau 46, Mörsch 46, Oppenheim 39, Mainz 31, Budenheim 24; Kreuznach 30; Kaiserslautern 44 (Schlz. S. 429). Weilburg 10 (Wrig. Fl.). Mönchau bei Hattenheim 24, Seeburger 9 u. Föhler Weiher [? bei Weilburg 10] (Fuck. Fl.). Marburg 5 (Wender. *).

Areal hiernach sehr zerrissen im Rheinsysteme und seinen Nebenflüssen, weit aufwärts. Niederes und mittleres Niveau.

Potamogeton perfoliatus.

Giefsen 12 : Badenburg, Gänsäcker, Hefslar. H. — (Hey. R. 351).



1	.	.	.	5	.	.
.	9	.	.	12	.	.
.	16	.	.	19	.	.
.	.	24	25	.	.	.
.	.	.	32	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Dornheim 32 (n. Reifsig). Landgraben zw. Griesheim u. Wolfskehlen 32, Grofs-Gerau 32, Altrhein bei Oppenheim 32, Saline Nauheim 19, Neckar 46 (D. u. Scr. S. 159). — Pfalz : Rheinfläche bei Speyer 46, Altwässer des Rheins, Mufsbach 45, Heidelberg 46, Neckarau 46, Oppenheim 32 (Schlz. S. 429). Otterstadt 46 (Ney *). Nassau : Oberlahnstein 16 (Caspari *). Main 25, Rhein 24, Lahn 16, Seeburger Weiher 9 (Fuck. Fl.). Marburg 5 (Wender. *). Siegburg 1 (Hildb. *).

Hiernach sehr zerstreut über die verschiedensten Flufsläufe. (Wandernde Wasservögel. Doch keine bestimmte Zugrichtung ausgesprochen.)

Potentilla alba.

Geisberg bei Ober-Ingelheim 31. Hinkelstein bei Kelsterbach 25. H. — Hardt bei Arnsburg 12 (n. Graf F. z. Solms-Laubach). Grüninger Mark 12 (Hey. R. 117). Virnheimer 46 u. Käferthaler Wald 46, von Nierstein 31 bis Bingen 24, 30; Eichwald bei Griesheim 32, Mörfelder 32, Kelsterbacher 25 und Frankfurter Wald 25, Niddaer Wald 20, Wendelsheim 38, Kreuznach 30 (D. u. Scr. S. 521). — Pfalz : Rheinfläche : Neustadt 45, Mufsbach 45, Speyer 46, Mannheim 46, Schwetzingen 46, Darm-

stadt 32, Rehbachthal 31, Nieder-Ingelheim 24, Bingen 30 : bei der unteren Schweinstiege [wo?]; Kaiserslautern 44 : Lämmchesberg, Kenelgarten, Vogelweh (Schlz. S. 141). Oftersheim 46, Battenberg 45, zw. Weifsenheim am Berg u. Alt-Leiningen 45 (Poll. 1863, 139). Worms? 39 (Glaser*). Wilhelmsbad 26 (Fl. Wett.). Schwanheimer Wald 25 (Fuck. Fl.). Nicht in Rheinpreufsen weiter (Wirtg. Fl.).

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	.	.	.	.	20	.
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	38	39	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Hiernach in niederen und mittleren Lagen des südlichen Rheingebietes ziemlich verbreitet; unter den Nebenflüssen nur an der Nidda (20 und 12) weit aufwärts. Interessant ist die Bedeutung, welche hier der *Wasserscheide* vom Main nach der Lahn zukommt.

Potentilla cinerea (incana M.).

Bieberer Berg 26 : zusammen mit verna. H. — Nicht bei Kaldern 5 (Wenderoth in lit.). Darmstadt 32 : Tanne (n. Bauer). Forsthaus bei Frankfurt 25 (n. Wolf u. Seiffermann). Gemein durch Starkenburg 32, 39 und Rheinhessen 31, 38, Langgöns 12, Ebersgöns 11, Ziegenberg 18 (D. u. Scr. S. 521). — Pfalz : Rheinfläche, z. B. bei Speyer 46, Ellerstadt 45, Dürkheim 45, Maxdorf 45, stellenweise über Mainz 31 bis Nieder-Ingelheim 24 u. Bingen 30; Hardt zw. Dürkheim u. Grünstadt 38; Nahe : von Bingen 30 bis Kirn 29 (Schlz. S. 140). Zw. Schwetzingen u. Mannheim 46, Neustadt 45, Kirchheimbolanden 38 (Poll. 1863, 138). Schwanheimer Wald 25, Hochheimer Steinbrüche 25 (Fuck. Fl.). Flörsheim 25 (Lehmann*).

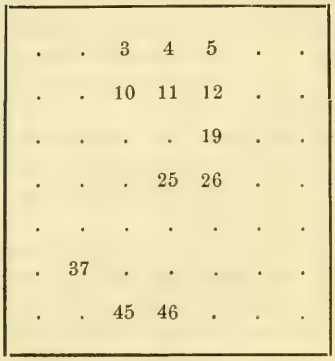
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	11	12	.	.
.	.	.	18	.	.	.
.	.	24	25	26	.	.
29	30	31	32	.	.	.
.	.	38	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach in den niederen Etagen des Rheingebietes; längs dem Main 18 u. der Lahn 11, 12 ganz local weiter aufsteigend.

Potentilla Fragariastrum.

Giefsen 12 : Hangelstein, Schiffenberg, Lindener Mark. Walmerod 10. Rodenberg 10. Herborn 3 auf Basalt. H. — Königsberg 11, Fried-

berg 19, Vilbeler Wald 26 (Hey. R. 117). Zwischen Biedenkopf und Wallau 4 (n. Nau). Taunus 25 (n. Schnittspahn). Marburg 5 (Wender.*). Hungen 12 (n. Reifsig). — Pfalz : durch den gebirgigen Theil, seltener auf der Ebene : Edenkoben 45, Mannheim 46, Friedrichsfeld 46 (Schlz. S. 141). Lemberg 37; fehlt im Mittelzuge der Vogesias 44 (Schlz.*). Hessen : zerstreut (D. u. Scr. 521). Nassau nicht selten (Fuck. Fl.).



(unvollständig)

Hiernach anscheinend ganz regellos zerstreut und höchst selten; vermuthlich aber nur übersehen.

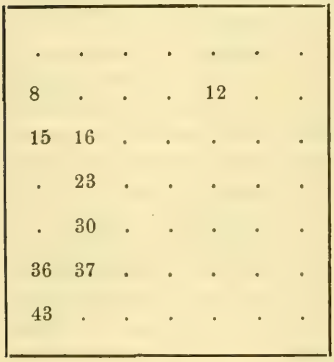
Potentilla inclinata (canescens Bess.).

Ziegenberg 18 (H. z. Solms u. H. Meier 1861), v. s. Muffendorfer Höhe bei Bonn (Wirtg.*) u. s. w.

Im Gebiete sonst nicht angegeben.

Potentilla micrantha.

Gieſsen 12 : Hangelstein u. sonst. H. — Brohlthal bei Andernach 8 (n. Lambert). Auf dem Lemberge bei Sobernheim 37, Kreuznach 30 (D. u. Scr. S. 522). — Pfalz : Kusel 43, Oberstein 36 (Schlz. S. 142). Niederalben, Steinalbthal 36, Fischbach 36 (Poll. 1861, S. 148). Stromberg 30, Bacharach 23, Steeg, Engehell bei Oberwesel 23, bes. Felsen von Staleck (Wirtg.*). Jakobsberg bei Boppard 16, Polcher [Pollicher] Wald bei Mayen: neben 15; Brohlthal 8, Laach 15, Gänsehals (Wirtg. Fl.). Tönnissteiner Thal 8 (Löhr En.). St. Goar 23 (C. Noll*).



Hiernach an der Nahe, dem mittleren Rheinthal abwärts; isolirt bei Gieſsen. Stammt wohl von den Pyrenäen, Jura, Schweiz. Durch die Vogesen.

Potentilla opaca.

Nordeck 5. H. — Roſsdorf 33 (nach Wagner). Feldberg 25 (nach C. Reuſs). Griesheimer Eichwäldchen 32, Rehbachthal 31, hinter dem

Frankfurter Forsthaus 25, Wendelsheim 38, Gau-Algesheimer Kopf 31; Eberstein im Bieberthal 11, Königsberger Schlofsmauer 11, Niederkleen 11 : Mühlberg, Kirchhofs-Mauer zu Laubach 12 (D. u. Scr. S. 521). — Pfalz : zw. Dürkheim 45 u. Grünstadt 38, Rheinfläche von Mannheim 46 bis 39, 24, 31, Bingen 30; Donnersberg 37; Nahe-Gegenden 30 (Schlz. S. 140). Kallstadt 45, Nierstein 31, Kreuznach? 30 (Poll. 1863, 139). Rochusberg u. bei Dromersberg [? Dromersheim] 30 bei Bingen (Wirtg. *). Schwanheimer Wald 25 (Fuck. Fl.).

.	.	.	.	5	.	.
.	.	.	11	12	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	24	25	.	.	.
.	30	31	32	33	.	.
.	37	38	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach in 2 Complexen : oberes Rheingebiet, oberes Lahngebiet; in allen Niveaus. (Wohl nur locale Varietät der P. verna.)

Potentilla recta.

Rheingrafenstein 30 (n. Polstorf). Bockenheim 25, Rödelheim 25 (n. C. Reufs). Darmstadt 32 : am neuen Kirchhof. Die var. *obscura* bei Seeheim 39 : am Kreuzberg; früher auf der Mathilden-Höhe bei Darmstadt 32 (D. u. Scr. S. 520). — Pfalz : nicht innerhalb unseres Gebietes (Schlz. S. 139). Siegen 3, Wertheim 42 (Löhr En.). Lorch im Sauerthal 23, Wisperthal 23, Geifsberg [bei Wiesbaden] 24, Tiefenbach [bei Lorch] 23, Ems 16 (Fuck. Fl.). Coblenz 15 (Wirtg. *). Neuwied 8 (Melsheimer*). Marburg 5 (Wender. *). Früher an der Muffendorfer Höhe neben 1 (Hildb.). Nieder-Ingelheim 31 (Groos *).

(1)	.	3	.	5	.	.
8	.	.	.	.	.	.
15	16	.	.	.	.	.
.	23	24	25	.	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	.	39	.	.	42
.	.	.	.	.	.	.

Hiernach ganz regellos zerstreut durch die entlegensten Theile des Gebietes. Ob Varietät einer verbreiteteren Species? (argentea ?).

Potentilla rupestris.

Lich 12 : auf der Hardt (1847. H.). Ziegenberg 18. Hinkelstein bei Kelsterbach 25. H. — (Hey. R. 119). Hinter der kleinen Saustiege im Frankfurter Wald 25, zw. Erbach und dem Maine 41, Wendelsheim 38 : über der Teufelskanzel; Wonsheim 37 : auf dem Gaisberg; Fürfeld

37 : auf dem Eichelberg; Grüninger Wald 12 : District Ziegenmark; Bellersheim 12 (D. u. Scr. S. 519). Salinenwald bei Kreuznach 30 (nach Polstorf). Boppard 16 (v. Spiefsen*). — Pfalz : Forst 45, Steinbach am Donnersberg 37, Rothenfels bei Kreuznach 30, Sobernheim 30, Lemberg 37, zw. Oberstein 36 u. Weyerbach 36, zw. Niederalben u. Grünbach 36; Lufsheim 46, Waghäusel 46 (Schlz. S. 138). Mayenfeld 15 (Wirtg. Fl.). Coblenz 15, Andernach 8 : Brohlthal (Löhr En.). Rheineck 8 (Hildbd.). Schwanheimer Wald 25, Oberneifsen 17, Schadeck bei Runkel 17, Tiefenbach : Thal bei Lorch 23 (Fuck. Fl.).

.	.	.	.	.	.	.
8	.	.	.	12	.	.
15	16	17	18	.	.	.
.	23	.	25	.	.	.
.	30	.	.	.	.	.
36	37	38	.	.	41	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut über die untere u. mittlere Höhenlage des Gebietes, in undeutlichem Anschlufs an das Rheinsystem.

Potentilla supina.

In Rockenberg 19 (1848. H.). Giefsen 12 : im unteren Hefslar auf der Insel (n. Mettenheimer, 1840). Dornheim, Leeheim, Wolfskehlen 32 (n. Bauer). Laubenheim, Bodenheim, Nackenheim 31 (n. Reifsig). Starkenburg 39 u. Rheinhessen 31, 38 stellenweise, Dortelweil 26, Fauerbach 19, Dornholzhausen 11 (D. u. Scr. S. 519; Hey. R. 119). — Pfalz : Rheinfläche hier u. da 46, 45, 38; Kaiserslautern 44 (Schlz. S. 138). Ramstein 43 (Pollich*). Früher bei Coblenz 15 (Wirtg. Fl.). Soden 25, Okriftel 25, Reichelsheim 19. Rauenthal 24, Eltville 24 (Fuck. Fl.). Rückingen 26, Rofsdorf 26 (Rufs*).

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	11	12	.	.
15	.	.	.	19	.	.
.	.	24	25	26	.	.
.	.	31	32	.	.	.
.	.	38	39	.	.	.
43	44	45	46	.	.	.

Hiernach anscheinend fast regellos verbreitet über einen Theil des niederen und mittleren Niveaus unseres Gebietes.

Prenanthes purpurea.

Arealkarte : Oberhess. Ges. Ber. 13, 1869, t. 5. Neu hinzugekommene Standorte, wodurch das frühere Areal erweitert wird. Spreng 40 : bei Ober-Keinsbach. Annweiler : unter 44. Speyerbrunnen 44. H. — Ramholz 21 (n. C. Reufs). Am Wege nach der Ludwigshöhe 32 bei Darmstadt (n. Bauer). Von Orb bis hinter Aschaffenburg 27, 34 (n. Theobald).

Taufstein (Fink*) im Oberwalde 13. Zwischen Hungen u. Villingen 12 (Reifsig*). Katzenloch 29, oberes Güldenbach- u. Gräfenbachthal 30 (Wirtg.*). Lorch 23, Boppard 16 (Wirtg. Fl.). Taunus : an dem Horn im Oestricher Wald 24; Schlangenbad 24, Lorch 23 : im Kammerforst (Fuck. Fl.). Fulda 14 (Lieblein*). Kaiserslautern 44 (Trutzer*).

Die Pflanze ist verbreitet durch Mittel-Europa (exclus. England), Italien.

Primula elatior.

Scheint weit seltener zu sein, als *Pr. officinalis*, von welcher ich zahlreiche Aufzeichnungen aus den verschiedensten Districten besitze; dagegen von unserer Species nur folgende.

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	12	.	.
0	.	.	.	19	.	21
22	.	0	25	.	.	.
.	.	.	.	33	.	.
.	.	.	39	40	.	.
.	44	.	.	.	.	.

(unvollständig)

Gieſsen 12 : Hangelstein, Stolzemorgen, Schiffenberger Wald. Felsberg 40. Erbach bei Heppenheim 39. Rödelheim 25 : und östl. vor Sossenheim. Scheint in Westerwald zu fehlen. H. Ramholz 21 (nach C. Reuſs). Kaichen 19 (Hörle*). Roſsdorf 33 (nach Wagner). Bayr. Pfalz : fast überall (Poll. 1863, 211). Rheinpreuſsen zerstreut, fehlt um Coblenz (Wirtg. Fl.). Nassau häufig; fehlt im Rheingau (Fuck. Fl.). Simmern 22 (Bach Fl.). Kaiserslautern 44 (Trutzer*).

Geht, wie Pr. officinalis, durch fast ganz Europa; doch fehlt sie in Norwegen, wo jene vorkommt. — Auch das Areal von *Pr. acaulis* zeigt einige Besonderheiten.

Prunella alba (laciniata L.).

Kreuznach 30 : Rheingrafenstein u. Eremitage (u. Polstorf). Algesheimer Berg 31, Ockenheimer Spitze 30, Kreuznach 30, Meisenheim 37, Rochusberg bis Bingen 30 (D. u. Scr. S. 320). Gleiberg 11 : (vulg. v. alba). H. — Pfalz : Hardt bei Königsbach 45, Deidesheim 45; Nieder-Ingelheim 24. Kreuznach 30 : Rothenfels, Hardt, Laubenheim 30; Lauscheid 36 bei Meisenheim, Zweibrücken 43 (Schlz. S. 368). Mechtersheim südl. von Speyer 46, Neustadt 45, Wachenheim 45 (Poll. 1863, 208). Lorch 23 (Fuck. Fl.). Fulda 14 (Lieblein*).

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	11	.	.	14
.	.	.	.	.	.	.
.	23	24	.	.	.	.
.	30	31	.	.	.	.
36	37	.	.	.	.	.
43	.	45	46	.	.	.

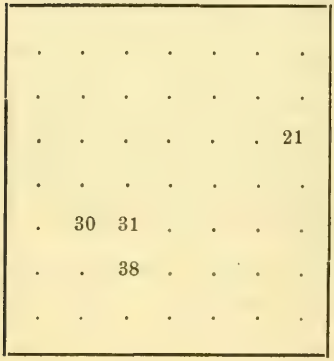
Hiernach regellos zerstreut über einige Stellen des Gebietes. Wohl nur locale Varietät der allgemein verbreiteten Pr. vulgaris.

Prunella grandiflora.

S. Arealkarte : Bot. Zeitg. 1865, Beil. Karte 11. — Nachträge. Zw. Blasbach u. Wetzlar 11. Markt Heidenfeld 35. Rettersheim 42. Wertheim 42. Rüdenthal 42, Höpfingen 42, nordöstl. von Walldürn 41, Buchen 48. Neckarburken 48. H. — Mutterstadt 46 (Ney*). Amöneburg 5, Fulda 14 (Wender. Fl.). Leniaberg bei Mainz 31 (n. v. Reichenau). Rhens 16 (v. Spiefsen*).

Das frühere Areal erhält hierdurch eine erhebliche Vorstreckung nach Südost. — Die Pflanze geht durch Süd- u. Mittel-Europa (exclus. England) bis Schonen u. südöstl. zum Caucasus; ihr Areal ist weit beschränkter, als das der Pr. vulgaris.

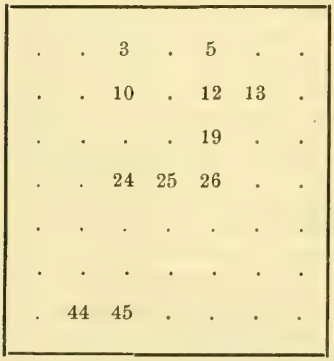
Prunus Chamaecerasus.



Ramholz 21 (n. C. Reufs). Rehbachthal 31. H. — Zwischen Oppenheim 31 u. Alzey 38, Petersberg bei Odernheim 31, Nierstein 31, zwischen Mainz 31 u. Dienheim bei Oppenheim 31, Rochusberg bei Bingen 30; Kreis Worms 38 gemein (D. u. Scr. S. 526). — Pfalz : zw. Oppenheimer Berg 31 u. Alzey 38 (Schlz. S. 132).

Hiernach nur an zwei Stellen des Gebietes. Wohl locale Variation von Pr. Cerasus.

Prunus Padus.



Gieſsen 12 : Hangelstein, Tiefenbach; Laubach 12 etc. Oberwald 13, Ulrichstein 13 (Hey. R. 105). Beilstein 10 : westl. von Greifenstein (n. Lambert). Obermockstadt 19 (nach Heldmann). — Pfalz : bei Hardenburg 45, Otterbach 44, Kaiserslautern 44, Rinnthal 44 nordwestl. von Annweiler (Schlz. S. 133). Rheingau 24 (Löhr En.). Taunus 25 (Fuck. Fl.). Siegen 3 (Engstfeld*). Marburg 5, Hanau 26 (Wender. Fl.).

Hiernach regellos zerstreut über verschiedene Theile des Gebietes. (Vögel?)

Pteris aquilina.

S. Arealkarte : Bot. Zeitg. 1865, Beil. Karte 12.

Es sind nachträglich 37 neue Standorte dazugekommen, welche einzeln aufzuzählen bei der sehr allgemeinen Verbreitung der Pflanze kein Interesse hat. Dieselben betreffen theils die nordöstlichen Districte (Buntsandstein-Formation), theils die nordwestlichen zwischen Sieg u. Rhein 23, 24, 16, 17; die übrigen vertheilen sich in der Nachbarschaft bereits eingetragener Localitäten.

Die Pflanze scheint dem basaltischen Vogelsberg u. Westerwald ganz zu fehlen (wie Euphorbia Cyparissias), ebenso südlich der Lahn u. auf dem Hunsrück (wo dagegen Euph. verbreitet ist). — Diese Species scheint über die ganze nördliche Halbkugel verbreitet zu sein, geht durch ganz Europa.

Pulegium vulgare (Mentha Pul. L.).

Schwedensäule 32. Rödelheim 25 : Schneiderlöcher. Königstätten 32. H. — Langenselbold 26 (Rufs*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Crumstadt 32 (Bauer). Mainspitze 32 (nach Lehmann). Klein-Karben 26, Rückingen 26 (n. Theobald). Dornheim 32 (n. Reifsig). Durch Rheinhessen u. die Riedgegend 32, Frankfurt bis Hanau 26 (D. u. Scr. S. 309). — Pfalz : Rheinfläche bei Ellerstadt 45, Erpolzheim 45, Mörsch 46, Roxheim 39, Oppenheim 32 u. bis Mainz 31; Neckarau 46, Bruchhausen 46, Lufsheim 46, Kreuznach 30; fehlt in der Vogesias u. Trias (Schlz. S. 352). — Rheinpreufsen in den Hauptthälern (Wirtg. Fl.) bis Holland. Nassau : Rheininseln ?, Mainspitze 32 (Fuck. Fl.). Kaiserslautern 44 (Trutzer*).

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	21
.	.	.	25	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	.	39	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Hiernach dem Rheine folgend u. in einigen Seitenthälern aufwärts, am weitesten im Maingebiet (21 Kinzig).

Pulicaria dysenterica.

S. Arealkarte : Bot. Zeitg. 1865, Beil. Karte 13. (Zugleich geologische Karte des Tertiärgebietes.)

Nachträge. Neidenstein 47. Neckar-Gemünd 47. Rutsweiler 36. Güls 15, Winningen 15. Vallendar 16. H. Rolandseck, Nieder-Breisig 8 (Hildbd.).

Das frühere Arealbild erfährt hierdurch keine Veränderung. — Die Pflanze geht durch ganz Süd- u. Mittel-Europa (inclus. England), Caucasus, Mittel-Asien, Algerien.

Pulmonaria angustifolia (tuberosa Schrk.).

Marburg 5 : Kölber Wäldchen (Wender.*). Griesheimer Eichwäldchen 32. Kreuznach 30 (n. Polstorf). Blaue Steinkaute östl. von Langen 33. Hinkelstein bei Kelsterbach 25. Rauenthal 24. Frankenstein 32. H. — Friedberger Wald u. Ockstadt 19 (Hey. R. 264). Goldstein 26 bei Frankf. : azurea (v. Spiessen*). Darmstadt 32 : Papierweg (n. Bauer). F. tuberosa : Ziegenberg 18 u. Nauheim 19 (v. Spiessen*). Rehberg bei Rofsdorf 33 (n. Wagner). Zwischen Orb 27 u. Michelbach (nach Theobald u. Manuel). — Pfalz : Rheinfläche bei Waghäusel 46, Schwetzingen 46, Speyer 46, Mufsbach 45, Neustadt 45, Burrweiler 45; Bergstrafse 39; zw. Donnersberg 37 u. Rockenhausen; Winnweiler 37, Kirn 29, Meisenheim 37, zw. Börstadt u. Langmeil 37, Erfenbach 44 bei Kaiserslautern; zw. der Vogelweh und Einsiedel 44, Hohenecken 44; Frankenstein 44, Dürkheim 45, Neustadt 45, Wald-Leiningen 44, zw. Elmstein u. Eusserthal 44, am Häusel 44; durch die ganze Vogesias; Form *azurea* im Hackenheimer Walde bei Kreuznach 30, Rochusberg bei Bingen 30 (Schlz. S. 310). Remagen 8 (Hildb.*). — Zw. Niederalben u. Erzweiler 36, Stromberg 30 (Poll.). Rüdesheim 23, abwärts bis Bacharach 23, Ockenheim 30, Gaualgesheim 31 (Wirtg. Fl.). Taunus 25, Wiesbaden 24 (Löhr En.). Form *azurea* auf dem Niederwald 23 (Fuck. Fl.). Büdingen 20 (Thylmann, v. s.). Nieder-Ingelheim 31 (Groos*).

.	.	.	.	5	.	.
8	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	19	20	.
.	23	24	25	26	27	.
29	30	31	32	33	.	.
.	37	.	39	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Hiernach in dem niederen und höheren Niveau des oberen Rhein- und unteren Maingebietes.

Pulmonaria officinalis.

Gieſsen 12 : Schiffenberger Wald, westlich bei Lich, Hangelstein, Lindener Mark u. s. w. Altenbuseck 12. Birkich bei Lauterbach 14. Atzbach 11. Nördl. von Dorfgill 12. Petersberg bei Königswinter 1. Frankenstein 32. H. — Marburg 5 (Wender.*). Laubach 12, Oberwald 13 (Hey. R. 264). Büdingen 20 (C. Hoffmann, v. s.). Melibocus 39 (n. Fabricius). Frankfurt 26 (n. Vischer). Kaichen 19 (Hörle*). Hanau 26 (Fl. Wett.*). Niederolmer Wald 31 (n. Reifsig). Wallrabenstein 17 (Vogel*). — Pfalz : Hardt bei Hambach 45, Drachenfels bei Frankenstein 44, südl. Fufs des Donnersbergs 37 bei Alsenbrück und Langmeil, Lauterecken 36, zw. Niederalben und Grünbach 36; zw. Heidel-

1	.	.	.	5	.	.
8	.	.	11	12	13	14
15	16	17	.	19	20	.
.	23	24	.	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
36	37	.	39	.	.	.
43	44	45	46	.	.	.

(unvollständig)

berg 46 u. dem Rheine, an der Bergstrafse 39 bis Darmstadt 32 (Schlz. S. 310). Friedrichsfeld 46, Sobernheim 30, Kusel 43 (Poll. 1863, 186). Siebengebirg 1, Remagen 8, Oberwinter 1 (Unkel gegenüber), Bassenheim 15, Bacharach 23 u. sonst (Wirtg. Fl.). Zange bei Oestrich 24 (Fuck. Fl.). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Hiernach vielleicht durch das ganze Gebiet verbreitet.

Pyrola chlorantha.

Bessunger Tanne westl. von der Chaussee 32 (n. Bauer). Geiselstein u. Forellenweiher 13 (n. Heldmann). Vorberge des Spessart 27 von Hanau 26 u. Nieder-Rodenbach an (n. Theobald). Starkenburg gemein 32, 39; von Mainz 31, 24, bis Bingen 30; Frankfurt 26 : hinter dem Lerchenberg; Schotten 13 (D. u. Scr. S. 363). — Pfalz : Rheinfläche bei Schwetzingen 46, Käferthal 46, Darmstadt 32, Mainz 31, Schifferstadt 46; Kaiserslautern 44, Elmstein 44, Igelbach 44; Böttigheim [? Bödigheim 48] Schlz. S. 296). Wachenheim 45 (Koch*). Mayener Wald 15, Linz 8 am Wege nach Asbach, Hillscheid 16 westl. der Montabaurer Höhe (Wirtg. Fl.). Dillenburg 3 im Naulsberg (Fuck. Fl.). Obere Schweinstiege 25 (Wetterhan*).

.	.	3	.	.	.	.
8	.	.	.	.	13	.
15	16	.	.	.	.	.
.	.	24	25	26	27	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	.	39	.	.	.
.	44	45	46	.	(48)	.

Hiernach anscheinend regellos zerstreut über das Gebiet, in allen Höhenlagen.

Pyrola media.

Hausberg 18. Von Steinbach gegen den Kolnhäuser Hof 12. H. — (Hey. R. 250). Grofs-Busecker Wald 12, Allendorfer Hinterwald 12, Krofdorfer Wald 11, Dünsberg 11, Schneeberg : zw. Frankenbach 11 u.

(1)	.	.	4	5	.	.
.	.	.	11	12	13	.
.	16	.	18	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	44	.	.	.	.	.

Gladenbach 4, Steinbach 12, Oes bei Butzbach 18, Bilstein 13 (D. u. Scr. S. 363). Kaiserslautern 44 (Poll. 1863, 181) — ? Petersberg im Siebengebirge 1 (Wirtg. Fl.). Oberes Lahngebiet (Wirtg. R. Fl.). Montabaurer Höhe bei Hillscheid 16 (Fuck. Fl.). Marburg 5 (Wender.*).

Hiernach äufserst zerstreut über entfernte Theile des Gebietes. Höhere Lagen. Scheint Bastard.

Pyrola rotundifolia.

Gieſsen 12 : Lindener Mark, Lumpenmannsbrunnen. Kühmark nordöstl. von Staufenberg 5. Stoppelberg 11. Storndorf 13. Hausberg 18. H. — Dünsberg 11 (Hey. R. 250). Oberwald 13 : Geiselstein (n. A. Purpus u. W. Scriba). Marburg 5, Fulda 14 (Wender. Fl.) Oberstes Lahnthal 3 (H. Tiemann*). Ramholz 21 (n. C. Reuſs). Odenwald 40 u. Bergstraſse 39 (n. Bauer). Roſsdorf 33 (n. Wagner). Im ganzen Vogelsberg 13, nicht bei Hanau 26 (nach Theobald). Gonsenheim 31, Mombach 24, Budenheim 24 (nach Reifsig). Längs der Bergstraſse 39, Darmstadt 32 : Oppermannswiese ; Fichtengarten bei Wembach 33, Frankfurter Wald 25, zw. Offenbach 26 u. dem neuen Wirthshaus, Käferthal 46, Virnheim 46; Schotten 13, im Spreitel bei Kreuznach 30 (D. u. Scr. S. 363). — Pfalz : Rheinfläche zw. Speyer u. Schifferstadt 46, zw. Bensheim 39 u. Darmstadt 32, Meisenheim 37, Ramstein bei Landstuhl 43. Zweibrücken 43, Annweiler : unter 44; Leimen 46, Nufsloch 46 (Schlz. S. 296). Wiesloch 46 (Poll. 1863, 181). Kiedricher Wald 24 (Fuck. Fl.). Kaiserslautern 44 (Poll. 34, S. 38). Linz, Hönningen, Hammerstein 8 (Hildbd.*). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

.	.	3	.	5	.	.
8	.	.	11	12	13	14
.	16	.	18	.	.	21
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	32	33	.	.
.	37	.	39	40	.	.
43	44	.	46	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut über einen grofsen Theil des Gebietes in allen Niveaus. (Feine, flugfähige Samen.)

Pyrola secunda.

Gieſsen 12 : Lindener Mark, Hangelstein, Beuern; südl. v. Steinbach, nördl. v. Dorfgill. — Kühmark nordöstl. von Staufenberg 5. Nördl. von

Pfungstadt 32. Stockhausen 14. Lich 12. Maulbach 6. Gotthardberg bei Amorbach 41. Rodheim 11. H. — (Hey. R. 249). Spifs bei Schotten 13 (n. A. Purpus u. W. Scriba). Kaichen 19 (Hörle*). Zw. Braunfels u. Philippstein 11 (n. Lambert). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Nieder-Rodenbach 26 (n. Theobald). — Pfalz : Rheinfläche bei Schwetzingen 46, Käferthal 46, Virnheim 46, zw. Bensheim 39 u. Darmstadt 32, Kaiserslautern 44; Böttigheim (? Bödigheim 48), Weinheim 46, Birkenau 39 (Schlz. S. 296). Zw. Schifferstadt 46 u. Mutterstadt 46, zw. Wiesloch, Schwetzingen u. Friedrichsfeld 46 (Poll. 1863, 181). Bassenheim 15, Weilburg 10 (Wirtg. Fl.). Frankfurt 26, Hanau 26, Coblenz 15 (Löhr En.). Dillenburg 3 im Naulsberg, Herborn 4 in der Hörre, Obertiefenbach 16 u. Lautert 23, Amts Nastätten (Fuck. Fl.). Marburg 5 (Wender.*). Mainz 31 (W. v. Reichenau).

.	.	3	4	5	6	.
.	.	10	11	12	13	14
15	16	.	.	19	.	.
.	23	.	.	26	.	.
.	.	31	32	33	.	.
.	.	.	39	.	41	.
.	44	.	46	.	(48)	.

Hiernach regellos zerstreut über einen grofsen Theil des Gebietes, in allen Niveaus mit Ausnahme des höchsten.

Pyrola umbellata.

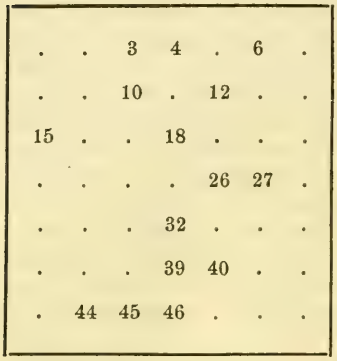
Eschollbrückener Tanne : Sand 32. H. — Zwischen Eichelsachsen u. Rainrod 13 (Briegleb), v. s. Auf *Basalt*. — Sachsenhäuser Wald 26 : um den Königsbrunnen (n. Wolf u. Seiffermann). Rofsdorf 33 (n. Wagner). Oestl. von Nieder-Rodenbach 26 (nach Theobald). Sandige Nadelwaldungen in Starkenburg 32 u. Rheinhessen 24; Wembach 33 (D. u. Scr. S. 364). — Pfalz : Rheinfläche. Schifferstadt 46, Wiesloch 46, Schwetzingen 46, Käferthal 46, Virnheim 46. Zw. Bensheim 39 und Darmstadt bei Ebersbach [Eberstadt 32]; zw. Göllheim 38 u. Alsenborn 44, zw. Kaiserslautern 44 u. Hohenecken 44 (Schlz. S. 297). Zw. Mannheim 46 u. Lorsch 39, Waldorf 46 (Poll. 1863, 182). Fehlt im preufs. Gebietstheil (Wirtg. Fl.). Frankfurt 26 (Löhr En.). Fehlt in Nassau (Fuck. Fl.). Freigericht 27 (Rufs*). Mainz 31 (n. v. Reichenau) : Artillerie Schiefsplatz.

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	13	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	24	.	26	27	.
.	.	31	32	33	.	.
.	.	38	39	.	.	.
.	44	.	46	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut im Gebiete ; in niederen und höheren Lagen.

Pyrola uniflora.

Gieſsen 12 (Kiefernwald südöstl. vor Lollar). Kühmark nordöstl. v. Staufenberg. — Oestl. v. Maulbach 6. Rainrod 6. H. — (Hey. R. 251). Westl. von Oppenrod 12 (C. Eckhard). Groſs-Busecker Wald 12 : der Eichwaldwiese gegenüber (Derselbe). Trais a. d. Lumda 12 : auf dem Streitkopf im Kiefernwalde; ferner im Fichtenwald Aspenstrauch (Dickoré).



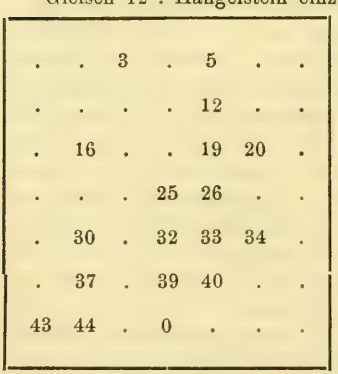
.	.	3	4	.	6	.
.	.	10	.	12	.	.
15	.	.	18	.	.	.
.	.	.	.	26	27	.
.	.	.	32	.	.	.
.	.	.	39	40	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Zw. Annerod u. Steinbach 12 (nach O. Hofmann 1855). Winnerod 12 (C. Clemm 1879). Bessungen u. Eberstädter Tanne 32 (n. Bauer). Täubcheshöhle bei Darmstadt 32 (n. Reifsig). Odenwald 40, Bickenbach 39, Eberstadt 32, Arheilgen 32, Virnheimer Wald 46, Laubach 12, Romrod 6, Hausberg 18 bei Butzbach (D. u. Scr. S. 364). — Pfalz : Maischbach (? Maisbach 46) bei Heidelberg, Rheinfläche bei Friedrichsfeld 46 u. Virnheim 46, Hohenecken bei Kaiserslautern 44 (Schlz. S. 296). Wiesloch 46, Wachenheim 45 (Poll. 1863, 181). Speyer gegen Schifferstadt 46 (Ney*). Dansenberg 44 (Böhmer* olim). Frankfurt 26, Weilburg 10 : städtische Fichten, Dillenburg 3 : Gaulskopf und Rab, N. Scheid [Nied. Scheld 4], Hirschberg bei Herborn 4 (Fuck. Fl.). Nicht im preufsischen Gebietstheile (Wirtg. Fl.). Hanau 26 : Bulau (Rufs*). Driedorf 10, Laach 15 (Wolf*). Somborn 27 (Fl. Wett.).

Hiernach regellos zerstreut über das Gebiet, in allen Höhenlagen.

Quercus sessiliflora.

Arealkarte von Europa : Suppl. allg. Forst- u. Jagdzeitg. 1868, t. 1. Gieſsen 12 : Hangelstein einzeln, Annaberg. Kreuznach 30 (n. Polstorf). Oestl. v. Langen in der Niederung 33 (nach Pfaff). Birkenau 40. Melibocus 39. Donnersberg 37. Jägerhäuschen bei Rödelheim 25. Südwestl. v. Ronhausen 5. Haselhecke bei Nauheim 19 : Winterstein. Salzburger Kopf 3 : bei Lippe (ca. 1800′ p.). Caldern 5. H. — Rheinpreufsen einzeln (Wirtg.*). Ober-Lahnstein 16 (P. Caspari*). Kaichen 19 (Hörle*). Offenbach 26 (n. Lehmann). Auf Vorbergen um Selters 20 vorherrschend oder (auf dem Glauberg 19) ausschliefslich (n. Heldmann). Die „Eiche“



.	.	3	.	5	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	16	.	.	19	20	.
.	.	.	25	26	.	.
.	30	.	32	33	34	.
.	37	.	39	40	.	.
43	44	.	0	.	.	.

(unvollständig)

geht im Vogelsberg bis in den Hillerswald am Taufstein 13; ist aber oberhalb Gedern 20 schon krüppelhaft (n. Demselben). — Vorherrschend im Spessart 34; Hanau 26 : selten; Offenbach 26 : ziemlich häufig (nach Theobald). Darmstadt 32 : am Schnampelweg (n. Reifsig). — Pfalz : in manchen Gegenden Bestände bildend, in anderen einzeln oder ganz fehlend (Schlz. S. 408); fast nur im Gebirge (Poll. 1863, 223). Kaiserslautern 44 (Schlz.*). Bei Elmstein 44 vorherrschend; Jägersburg 43, nicht am Rhein 46 (Ney*). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Nassau (Fuck. Fl.).

Scheint hiernach im ganzen Gebiete und über alle Niveaus verbreitet zu sein.

Radiola linoides (multiflora).

Gieſsen 12 : vor dem Schiffenberger Wald (Hey. R. 62). Gadernheim 40 : im Föhrenwald. H. — Marburg 5 (Wenderoth*). Gr. Zimmerer Viehweide 33, Ernsthofen 40, Bieber 26 (n. Bauer). Langen 33, Dieburger Mark 33, Kranichstein 32 (n. Reifsig). — Pfalz : fast überall, bes. häufig in der Vogesen-Sandstein-Formation 44 (Schlz. S. 93). Montabaurer Höhe 16 (Wirtg.*). Seeburg 9, Rüdesheim 30, Wiesbaden 24 : Fasanerie. (Fuck. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Hessen : hier und da (D. u. Scr. 488). Hanau 26, Homburg 25 (Wett. Ber. 1868, 114). Siegburg 1 (Becker*). Altenkirchen 2, Gebhardshain 2 (Wirtg.*).

1	2	.	.	5	.	.
.	9	.	.	12	.	.
15	16	.	.	.	.	.
.	.	24	25	26	.	.
.	30	.	32	33	.	.
.	.	.	.	40	.	.
.	44	.	.	.	.	.

Hiernach sehr zerstreut im niederen und mittleren Niveau des Rheinsystems.

Ranunculus aconitifolius (plantanifolius L.).

Oberwald 13. H. — Hohensolms 11, Butzbacher Wald 18 (Hey. R. 7). Dalberg am Schieferfels 30 (n. Polstorf). Die Angabe von Fabricius (Butzbacher Wald 18) bezieht sich auf R. lanuginosus (primit. p. 16) : nach Lambert). Falkenstein 25, Kahlthal 27 : bei Alzenau u. Michelbach (n. Theobald). Ober-Urseler Bach zwischen Altkönig u. Feldberg 25 (n. Wendling). Taunus 25, Herchenhain 13, Ulrichstein 12, Eutergrund bei Bullau 40 (D. u. Scr. S. 405). Sobernheim 30, Kreuznach 30 bis zum Donnersberg 37, Eufserthal 44, Burrweiler 45 (Schlz. S. 16). Lemberg 37 (Schlz.*). Edenkoben 45, Heidelberg 46 (Poll. 1863, 105).

.	.	3	.	.	.	.
8	.	.	11	.	13	.
.	16	.	18	.	.	.
.	23	24	25	.	27	.
.	30	.	.	.	.	.
.	37	.	.	40	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Waldfischbach 44 : Hundsweiherer Sägemühle (Ney*). Aschbacher Thal bei Kaiserslautern 44 (Böhmer*). Lahnquelle 3, Dausenau 16 : im Klosterberg, Nassau 16 : Ufer der Mühlbach, Reiffenberg 25, Königstein 25, Sauerthal 23, Laufenselten 24, Adolphseck 24 (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen bis Bonn (Wirtg. R. Fl.). Boppard 16 (Bach*). Schlofs Rheineck 8 (Hldbd.).

Hiernach zerstreut durch das Gebiet auf den hohen und höchsten Lagen.

Ranunculus aquatilis.

Form *truncatus* bei Hatzfeld in der Eder (über 4). — Südöstl. bei Oberau 26 : eine merkwürdige Form : foliis superioribus rosulatis subtiliter partitis *natantibus* (zu pantothrix) (1856). (cf. divaricatus f. heterophyllus D. u. Scr. S. 405.) Form *peltatus* : Argenstein 5. Form paucistamineus *foliis subcarnosis* : in der Usa bei Friedberg 19.

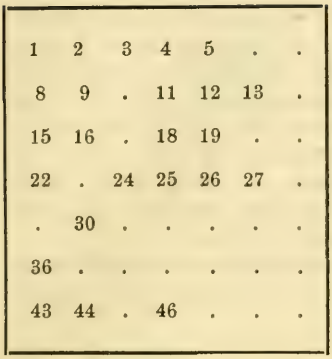
Ranunculus divaricatus.

Gieſsen 12 : Badenburg, Hefslar. H. — Gundernhausen 33 (nach Wagner). Schwarzmühle bei Nieder-Dorfelden 26 (nach Theobald). Pfalz : von Speyer 46 abwärts, Nahethal 30, Mannheim (Poll. 1863, 104). Nassau (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen nicht selten (Wirtg. Fl.). Neuwied 8 (Löhr En.). Frankfurt 26, Kl. Karben 26 (Wett. Ber. 1868, 12). Marburg 5 (Wender.*). Mainz 31 (nach v. Reichenau). Nettethal 15 (Blenke*).

Scheint sehr zerstreut. Specialangaben unzureichend.

Ranunculus hederaceus (Batrachium h. Fr.).

Gieſsen 12 : Oestl. vom Badenburger Wäldchen. Oestl. v. d. Lollarer Koppe. Judenborn bei Steinberg 12. Königsberg 11. Rockenberg 19. Weidenhausen 11. H. — Altenbuseck 12 (n. C. Eckhard). Marburg 5 (Wender.*). Nieder-Weidbach, Lohra 4 (n. F. H. Snell). Kirchberg 12 (n. W. Weifs). Atzbach 11 (n. Mettenheimer). Zwischen Kirchberg u. Staufenberg 12 (n. Mettenheimer). Hardt bei Kreuznach 30, zw. Rödchen u. Grofsen-Buseck 12, Krofdorf 11, Kinzenbacher Mühle 11, Langgöns 12, Nauheim 19, Schwalheim 19, Rockenberg 19, Breungeshain 13, Wetzlar 11 (D. u. Scr S. 403). (Hey. R. 5). Rheinfläche bei Speyer 46, Iggelheim 46, Böhl 46, Kaiserslautern 44, bei Zwei-



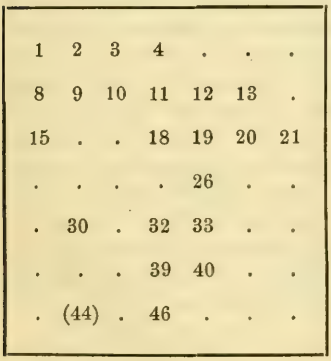
1	2	3	4	5	.	.
8	9	.	11	12	13	.
15	16	.	18	19	.	.
22	.	24	25	26	27	.
.	30	.	.	.	.	.
36	.	.	.	.	.	.
43	44	.	46	.	.	.

brücken 43 : Limbach und Ernstweiler Thal; Nieder-Alben 36, Ober-Auerbach 43, Walhalben 43 (Schlz. S. 12). Oberstein 36 (Schlz.*). Amt Dillenburg 3 u. Herborn 4, Weilmünster 18, Hachenburg 2, Seeburger Weiher 9, Oberursel 25, Laufenselten 24, Langenbach 18, Haintgen 18, Manderbach 3, Aftholderbacher Hof bei Nastätten 16 (Fuck. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Siegburg 1, Ahrthal 8 (Hildb.). Gettenbach 27, Frankfurt 26 (Wett. Ber. 1868, 12). Holzbach 9, Hunsrück 22 (Bach).

Hiernach zerstreut über einen grofsen Theil des Gebietes, in allen Niveaus.

Ranunculus lanuginosus.

Gieſsen 12 (hohe Warte). Florstadt 19. Oes 18 : Krötenpfuhl. Südwestl. von Gedern 20. H. — Hanau 26 (Wett. Ber. 1868, 17). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Zwischen Butzbach u. Ebersgöns 11 (n. Lambert).



1	2	3	4	.	.	.
8	9	10	11	12	13	.
15	.	.	18	19	20	21
.	.	.	.	26	.	.
.	30	.	32	33	.	.
.	.	.	39	40	.	.
.	(44)	.	46	.	.	.

Darmstadt : Gundernhäuser Mark 33, Herzbrunnen (nach Bauer). Roſsdorf 33 (n. Wagner). Rodau 40, Darmstadt 32, Offenbach 26, längs der Bergstrafse 39, Odenwald 40, Vogelsberg 13 (D. u. Scr. S. 407). Vilbeler Wald (Hey. R. 8). Annweiler? : unter 44, Leimen 46, Maisbach 46, Nufsloch 46 (Schlz. S. 19). Bockenau u. Dalberg 30 (Bogenhard*). Reichelsheim 19, östl. Montabaurer Höhe 9, am Homberg über der Lithau bei Herborn 4, Breitscheid 10, Langenaubach 3 (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen zerstreut (Wirtg. Fl.). Coblenz 15, Neuwied 8, Kreuznach 30 (Löhr En.). Siebengebirg 1 (Hildb.) Altenkirchen 2 (Wirtg.).

Hiernach weit zerstreut durch das Gebiet in höheren und niederen Lagen.

Ranunculus Lingua.

Licher Teich 12. H. — Torfsümpfe bei Schweinsberg 5 (Th. Welcker), v. s. — Früher bei Heskem 5 (Wender.*). Darmstadt 32 :

.	.	.	.	5	.	.
.	.	10	.	12	.	.
15	.	.	.	19	.	.
.	.	.	.	26	.	.
.	.	31	32	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

grofser Woog (n. Bauer). Kaiserslautern 44, Speyer 46, Ketsch 46, Dürkheim 45, Oggersheim 46, Frankenthal 46, Mannheim 46 (Schlz. S. 17). Laach 15 (Wirtg. *). Höherer Westerwald 10 : Driedorf (Wirtg. Fl. ed. 2). Rockenberg 19 (Hey. R. 7). Hanau 26 (Wett. Ber. 1868, 15). Nieder-Ingelheim 31 (Groos*).

Hiernach sehr zerstreut über wenige Stellen des Gebietes, meist in niederen Lagen.

Ranunculus nemorosus (aureus Schl.).

Giefsen 12 : Hangelstein. Ruppertenrod 13. Eifa 6. Hausberg 18. Langhecke 17. Taufstein 13. Merkenfritz 20. H. — Münzenberg, Wohnbach 19, Lich 12 (Hey. R. 8). Frankfurter Wald 25 : Saustiege (n. Wolf u. Seiffermann). Kaiserslautern 44, Zweibrücken 43, Pirmasenz unter 43, Annweiler : unter 44 (Schlz. S. 19). Nassau nicht selten (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen : Mayenfeld 15, Laach 15 (Wirtg. Fl.). Coblenz 15, Boppard 16, Ahrthal 8, Siebengebirg 1 (Löhr En.). Hanau 26 (Wetterau. Ber. 1868, 18). Marburg 5 (Wender. *). Altwied 8, Andernach 8 (Bach).

1	.	.	.	5	6	.
8	.	.	.	12	13	.
15	16	17	18	19	20	.
.	.	.	25	26	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
43	44	.	.	.	.	.

(unvollständig)

Scheint weit verbreitet. Specialangaben unzureichend.

Ranunculus Philonotis (sardous Cr.).

Giefsen 12 : Grüningen; vor der Lindener Mark. Stolzemorgen : Feld, Oppenrod, Baumgarten, Garbenteich, südöstl. von Steinbach. Krofdorf 11. Keilberg 34. Klein Schwalbach 11. Lauter 12. H. — (Hey. R. 9). Ried 32, Wetterau 19. Offenbach 26 (D. u. Scr. S. 408). Rheinfläche bei Speyer 46, Neustadt 45, Maxdorf 45, Erpolzheim 45, Dürkheim 45, Forst 45. Schrenkenhof bei Annweiler : unter 44; Gauersheim 38, Kirchheim-Bolanden 38; Steinbach 37 u. Winnweiler 37 am Donnersberg,

.	.	.	.	5	.	.
8	9	.	11	12	.	.
.	16	.	.	19	.	.
.	.	.	25	26	.	.
.	30	.	32	.	34	.
.	37	38	.	.	.	.
43	(44)	45	46	.	.	.

(unvollständig)

Kreuznach 30, Meisenheim 37 bis Kusel 43, zw. Schwetzingen 46 u. Heidelberg 46, Ladenburg 46, Ried 32 : Dornheim, Wolfskehlen (Schlz. S. 20). Sembach 44 (Schlz.*). Okriftel 25, nördliches Nassau (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Marburg 5 (Wender.). Boppard 16, Monrepos 8, Dierdorf 9 (Bach).

Scheint den niederen und mittleren Lagen des Rheinsystems anzugehören. Specialangaben unzureichend.

Ranunculus polyanthemus.

.	.	.	.	5	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	.	.	.	19	.	.
.	.	.	25	26	.	.
.	.	.	.	33	.	.
.	37	38	.	.	.	.
43	.	45	.	.	.	.

(unvollständig)

Gieſsen 12 : Hangelstein, Lollarer Koppe. Philosophenwald. Nördl. von Dorfgill. — Langenbergheim 26. H. — Marburg 5 (Wender.*). Oppenheim 32, Gimsheim 39 (n. Bauer). Roſsdorf 33 (n. Wagner). Dürkheim 45, Grünstadt 38, Zweibrücken 43, Meisenheim 37 (Schlz. S. 19). Nassau nicht selten (Fuck. Fl.). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Coblenz 15 (Löhr En.). Taunus 25, Winterstein 19, Hanau 26, Frankfurt 26, Rödelheim 25, Ober-Ursel 25 (Wett. Ber. 1868, 17).

Varietät des nemorosus.

Raphanus Raphanistrum (Raph. Lampsana).

S. Arealkarte : 13. Bericht d. Oberhess. Ges., S. 44. Nr. 29. Nachträge.

Rodalben 44, weifs. Annweiler : unter 44, weifs. Andernach 8, weifs oder gelb. Eisemroth 4, gelb. Lindenfels 40, schwefel- bis citronengelb. Steinbach 40, gelb. H.

Das frühere Arealbild wird hierdurch nicht geändert; die Pflanze scheint im Gebiete fast allgemein verbreitet. — Geht durch ganz Europa, Canaren, naturalisirt in Algier, Nord-Amerika.

Reseda lutea.

S. Arealkarte im 13. Ber. d. Oberhess. Ges. Nr. 30. Nachträge.

Kaichen 19 (Hörle*). Kaiserslautern 44 (Trutzer*).

Das frühere Arealbild wird hierdurch nicht geändert. — Die Pflanze geht durch fast ganz Europa; ferner Caucasus, Klein-Asien, Aegypten, Algier.

Reseda luteola.

Arealkarte : Oberhess. Ges.-Ber. 13, 1869, t. 6.

Nachträge.

Eisemroth 4. Weilmünster 18. H.

Ohne Einflufs auf das frühere Arealbild. — Die Pflanze geht durch ganz Süd- u. Mittel-Europa (inclus. England), Caucasus, Klein-Asien, Aegypten, Nord-Afrika, Canaren. In Nord-Amerika (naturalisirt?).

Rhinanthus Alectorolophus (hirsutus).

Giefsen 12, Butzbach 19, Nauheim 19, Steinau 21. H. — Marjoss 28 (Wender. Fl.). Neudorf 34. Peterzell nördl. v. Lippe 3. Burbach 3. Gilsbach 3. Oberwilden 3. Obersdorf 3. Eremitage bei Siegen 3. Salchendorf 3. Hölgersdorf 3. Werthenbach 3. Banfe 4 : im Roggenfeld. Laaspher Hütte 4. Laasphe 4. Laubach im Hunsrück 22. Simmern 22. H. — Rheinhessen 31, Ried 32 (D. u. Scr. S. 347). — Pfalz : überall sehr gemein (Schlz. S. 345). Rheinpreufsen (Wirtg. Fl.). Nassau häufig (Fuck. Fl.). Steinheim, Philippsruhe 26 (Rufs*). Rheingau 24 (Fuck. *). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

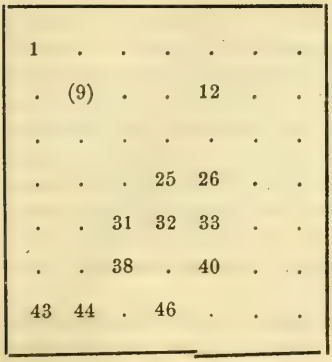
.	.	3	4	.	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	16	.	.	19	.	21
22	.	24	.	26	.	28
.	.	31	32	.	34	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

(unvollständig)

Wohl locale Varietät des allgemein verbreiteten R. major.

Rhynchospora alba.

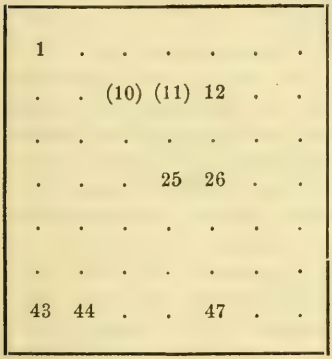
Früher bei Merlau 12 (Hey. R. 394). Hengster 26. H. — Daubringer Haide 12 (n. C. Heyer). Saustiegwiese bei Frankfurt 25, Baiersеich 33 bei Wixhausen, Obermossau 40, zwischen Zell u. Eulbach 40, Rheinhessen (D. u. Scr. S. 106). — Pfalz : Rheinfläche in Rheinhessen 31, 32, 38; Vogesias überall, bes. Kaiserslautern 44, über Landstuhl 43 bis Ramstein 43 u. Schöneberg 43, Homburg 43; Trippstadt 44, Hohen-



ecken 44, Wilgartswiesen 44, Dahn : unter 44 (Schlz. S. 486). Zw. Waldmohr u. Ober-Miesau 44 (Schlz.*). Sulzbach nördlich bei Weinheim 46 (Dierbach*). Von Siegburg 1 nordwärts (Wirtg. Fl.). Westerwald [9 ?] (Fuck. Fl.).

Hiernach zerstreut über das Gebiet in allen Höhelagen. (Haftende Samen.)

Rhynchospora fusca.



Hengster 26 (n. Lehmann). Frankfurter Forsthaus 25 (D. u. Scr. S. 106). — Pfalz : Kaiserslautern 44 bis Miesau 43, bes. Rodenbach 43 und Hütschenhausen 43, Spesbach 43, Einsiedel 43, Kindsbach 43; bei Homburg 43 (Schlz. S. 486). Landstuhl 43, Schönau 47 bei Heidelberg (Poll. 1863, 253). Vogelweh bei Kaiserslautern 44 (Schlz.*). Von Siegburg 1 nordwärts (Wirtg. Fl.). Nördlich bei Hadamar 10 und Sinn 11 (Fuck. Fl.). Merlau 12 : früher (C. Heyer*).

Hiernach sehr zerstreut über wenige Punkte des Gebietes.

Ribes alpinum.

Gießen 12 : früher im Hangelstein, nach Heldmann's Ansicht von Dillenius angepflanzt. Seilhofen 10. Nassau 16. Sossenheim 25 (in Hecken). H. — (Hey. R. 150). Siegen 3 (Engstfeld*). Beilstein 10 : westl. von Greifenstein (n. Lambert). Reckholz bei Breungeshain 13, Busenborn 13, Hartmannshain 13 : in Hecken, Sichenhausen 13, Herchen [Herchenhain? 20] (n. Heldmann). Marburg 5 (Wender.*). Ober-Ingelheim 31 (n. Reifsig). Auerbacher Anlage 39 : verwildert, Burkhardts 20, im Hillerswalde 13, Rheinhessen häufig 31, 38, Donnersberg 37, Nahethal 30, 29; Heidelberg 46, Schriesheim 46, Weinheim 46 (D. u. Scr. S. 396). — Pfalz : am Fuße des Hardtgebirges, zw. Weiher bei Edenkoben 45, Wachenheim 45, Dürkheim 45, Kloster Limburg 45, Kallstadt 45, bis zum Battenberg 45 bei Grünstadt, Steinbach am Donners-

1	.	3	.	5	.	.
8	.	10	.	12	13	.
.	16	.	.	.	20	.
.	.	24	25	.	.	.
29	30	31	.	.	.	.
36	37	.	(39)	.	.	.
43	.	45	46	.	.	.

(unvollständig)

berg 37, von da durch die Nahe- u. Glangegenden bis Kusel 43 : Steinalbthal, Kreuznach 30, Birkenfeld : neben 36; Niederalben 36, Grünbach 36, Erzweiler 36 (Schlz. S. 170). Nassau : wahrscheinlich im ganzen Gebiet (Fuck. Fl.). Siebengebirg 1 u. rheinaufwärts 8 (Hildbd.). Zw. Budenheim 24 und Heidesheim (n. v. Reichenau). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Hiernach regellos zerstreut über einen grofsen Theil des Gebietes. (Beerenfressende Vögel.)

Ribes nigrum.

Florstadt 19. Südwestl. v. Hassenhausen 5 : anscheinend wild. H. (Hey. R. 150). Offenbach 26 : Buchrainweiher (nach Wolf und Seifermann). Gundernhausen 33, wild (n. Wagner). Täubcheshöhle bei Darmstadt 32 (n. Reifsig). Donnersberg 37, längs der Bergstrafse 39, Odenwald 40, Vogelsberg 13, Giefsen 12 (D. u. Scr. S. 396). — Pfalz : Rheinfläche : Hafslocher Wald 45, Harthausen südwestl. v. Speyer 46; Königstuhl auf dem Donnersberg 37 (Schlz. S. 171). Elsufer bei Mosbach 48 (Löhr. En.).

.	.	.	.	5	.	.
.	.	.	.	12	13	.
.	.	.	.	19	.	.
.	.	.	.	26	.	.
.	.	.	32	33	.	.
.	37	.	39	40	.	.
.	.	45	46	.	48	.

Vögel aus den Gärten verschleppt.

Hiernach regellos zerstreut durch das Gebiet; vielleicht zum Theil durch Auffallend die süd-nördliche Mittellinie.

Ribes rubrum.

.	.	3	.	.	.	.
.	.	10	.	12	.	.
.	16	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	44	.	.	.	.	.

Giefsen 12 : Erlenbrunnen im Wald geg. Steinberg, wild. Driedorf 10. H. — Pfalz : Esselsferth bei Kaiserslautern 44, zw. Frankenstein u. Hochspeyer 44 (Schlz. S. 171). Ems 16, im laufenden Stein bei Dillenburg 3 (Fuck. Fl.).

Rosa arvensis.

Arealkarte : Oberhess. Ges.-Ber. 13, 1869, t. 6.

Nachtrag.

Bönstadt im Dornberg 19 (Hörle), v. s. — Oberolmer Wald 31 (n. v. Reichenau).

Die Pflanze geht durch das centrale Europa (bis England, Sicilien, Thracien); ferner im Ural.

Rosa pimpinellifolia.

Arealkarte : Oberhess. Ges.-Ber. 13, 1869, t. 6.

Nachträge.

Zwischen Albach u. Embach 12 (Heyer). Weinheim 46 (F. Schultz). Letzterer Standort der einzige bekannte zwischen Rhein u. Main. — Dis Pflanze geht durch ganz Süd- u. Mittel-Europa (inclus. England u. südl. Norwegen); ferner Caucasus, Sibirien, Japan, Island.

Rosa pomifera.

Winningen 15 (nach Schlickum). Annweiler : unter 44 (Schlz. S. 146). Maxdorf 45 (Schimper*). Coblenz 15, Condebach 15, Marienrode 15, Nieder-Lahnstein 16 : bei der Horeiner Hütte, Boppard 16, Ahrthal 8 (Wirtg. Fl.). Wisperthal bei Lorch 23 (Fuck. Fl.). Sauerthal 23 (Löhr En.). Verwildert bei Ockershausen 5, Hanau 26 (Wender. Fl.).

Hiernach nur im engeren Anschlufs an das mittlere Rheingebiet.

Rosa rubiginosa.

Arealkarte : Oberhess. Ges.-Ber. 13, 1869, t. 6.

Nachträge.

Südwestl. v. Hungen 19; Bellersheim. Bickenbacher Tanne 39 (n. Bauer). Eberstädter Tanne 32 (n. Bauer). Bodenrod 18 (C. Eckhard).

(Ohne Einflufs auf das frühere Arealbild.) — Geht durch Europa bis Stockholm, südöstl. zum Caucasus, südlich Creta, Algier.

Rubus saxatilis.

Giefsen 12 : Lindener Mark. Bieber 11. Nordwestl. vom Kolnhäuser Hof 12. Oestl. von Maulbach 6. Hof Haina 11. Nördl. von Beuern 12. Oestl. von Annerod 12. Zw. Annerod und Albach 12. H. — Nördl. von Staufenberg 5 (Hey. R. 109). Freienseen 12 (nach Graf F. zu Solms-Laubach). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Marjofs 28 (Fl. Wett.). Oberer Vogelsberg 13 (n. Heldmann) : Forellen-Weiher. Oberhalb Gedern 20 (nach Demselben). Feldberg 25; Herborn : Rabenscheider Holz 10 (Vogel*). Nahe-Gegend 30, 29; Bickenbacher Tanne 39, Krofdorfer

Wald 11. Allendorfer Wald 12, Obernseener Hof 13, Laubach 12, Wenings 20 : am Galgenköpfchen, Feldheimer Wald bei Hungen 12, Ziegenberg 18 (D. u. Scr. S. 509). — Pfalz : Nahe-Gegenden 30, Lindenberg bei Neustadt 45, Hagelgrund bei Kaiserslautern 44, Wald Wolfsrach u. Hornbach bei Zweibrücken 43 (Schlz. S. 136). Coblenz 15 (Löhr En.). Braubach 16 (v. Spiefsen*). Königstein 25, Epstein 25, Liebenscheid 3 Amts Marienberg, Hirschberg 10 bei Herborn, Blasbacher Wald 11 u. Bonbaden 11 bei Wetzlar (Fuck. Fl.). Marburg 5 (Wender.*). Casbacher Thal bei Linz 8 (Hildbd.).

.	.	3	.	5	6	.
8	.	10	11	12	13	.
15	16	.	18	.	20	21
.	.	.	25	.	.	.
29	30	.	.	33	.	.
.	.	.	39	.	.	.
43	44	45	.	.	.	.

Ilsethal 3 (H. Tiemann*).

Hiernach regellos zerstreut über alle Höhenlagen des Gebietes. (Beerenfressende Vögel.)

Rumex aquaticus.

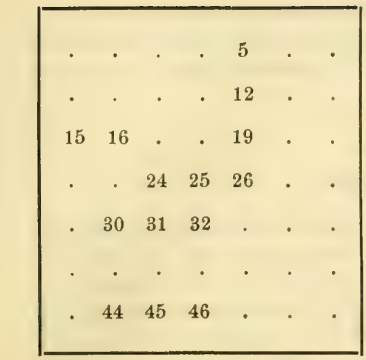
Giefsen 12 : Hefslar und am Sande : Lahnufer. H. — Marburg 5 (Wender.*). Miltenberg im Main 41 (n. Bauer). Darmstadt 32 : Mainthor; Offenbach 26, Altrhein bei Hamm 39 und Eich 39, Alzey 38 nach Süden, Giefsen 12 : Schoorgraben, Mainzlar 12, Münzenberg 12, Rockenberg 19, Wisselsheim 19, Kreuznach 30, Heidelberg 46, Neckarau 46, Stockstadt 32 (D. u. Scr. S. 215, Hey. R. 322). — Pfalz : Zweibrücken 43 (Schlz. S. 390). Altripp 46 (Poll. 1863, 217). Worms 39 (Glaser*). Rheinpreufsen, bes. Saynthal 8 bei Coblenz (Wirtg. Fl.). Winningen 15 (Löhr. En.). Schierstein 24, Lahn bei Weilburg 10 (Fuck. Fl.).

.	.	.	.	5	.	.
8	.	10	.	12	.	.
15	.	.	.	19	.	.
.	.	24	.	26	.	.
.	30	.	32	.	.	.
.	.	38	39	.	41	.
43	.	.	46	.	.	.

Hiernach sehr zerstreut durch das niedere Gebiet des Rheins und seiner Nebenflüsse.

Rumex maritimus L.

Main bei Griesheim 25 (C. Reufs). Leeheim 32 (n. Bauer). Frankfurt 26 (n. Wolf u. Seiffermann). Starkenburg 32, Rheinhessen 31, Baumgarten beim Schiffenberg 12, Lich 12 (D. u. Scr. S. 212). Marburg

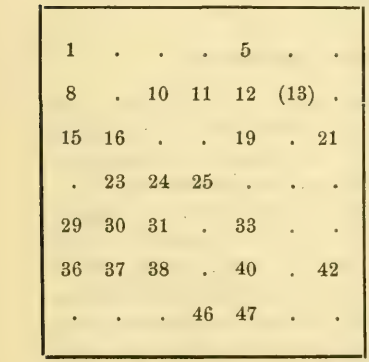


5 (Wenderoth*). — Pfalz : Rheinfläche an vielen Orten, bes. den Altwässern des Rheins 46, auch entfernter, z. B. Eppstein 45, Dürkheim 45 ; Kaiserslautern 44 (Schlz. S. 388). Speyer 46, Bingen bis Kreuznach 30 (Poll. 1863, 216). Rheinpreufsen : unsicher (Wirtg. Reisefl. 1857). Löhr En. 1852 giebt Coblenz an. Nassau : Rheinufer 24, Reichelsheim 19 (Fuck. Fl.). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Hiernach sehr zerstreut in der Thalsohle des Rheins und seiner Nebenflüsse.

Rumex scutatus.

Königsberg 11, Marienschlofs 19 (Hey. R. 322). Marburg 5 (Wender.*). Giefsen 12 : Langgöns auf Fels (Thonschiefer). Ulrichstein, Schlofs 13 : ca. 1828 angepflanzt (glauc.) 1877. Kreuznach 30. Rheingrafenstein 30. Schlofs Otzberg 33. Unter Rüdesheim 30. Lay 15 : Thonschiefer. Alken 15. Weilburg 10 : Schlofsmauer. Lorch 23. Unter Bingen (Rheinufer) 30. Scharlachkopf bei Bingen 30. Elisenhöhe bei Bingen 30. Falkenberg im Morgenbachthal 30. Steeg oberhalb Bacharach 23. Boppard 16 : Rheinufer. Ebernburg 30. Alsenzthal bei Münster 30.



Ehrenbreitstein 16. Nördl. v. Rasenstein 8. Wertheim 42 : Ufermauer am Main. Güls a. d. Mosel 15. Winningen 15. Fahr 8 : Rhein. Leutesdorf 8 : it. — Ober-Hammerstein 8. Vallendar 15. H. — Neckar-Steinach 47 (nach W. Hofmeister). St. Goarshausen 23 : Schweizerthal (grün, weifsfleckig). H. — Ramholz 21 (nach C. Reufs). Wetzlar 11 : Mauern bei Luther's Weinberg (n. Lambert). Epstein u. Kronberg 25 : Schlofsfelsen (n. Wendland). Nahethal 30, 29, Heidelberg 46, Oppenheim 31, Ruinen im Odenwald 40, Marienschlofs 19, Wendelsheim 38, Neu-Bamberg 37 (D. u. Scr. S. 215). — Pfalz : *Bergwälder* um Wolfstein 36 (n. Schlz. S. 390). Von Bingen bis Sobernheim 30 (Schlz.*). Rheinpreufsen häufig, nicht verwildert (Wirtg. Fl.). Mainthal bis Aschaffenburg? (Wirtg. Reisefl.). Coblenz 15, Ahrthal 8, Siebengebirge 1 (Löhr En.). Nassau : Main- u. Rheinthal 25, 24 (Fuck. Fl.). Weilburg 10 : verwildert (Schenck*). Im Rheinthal nicht angebaut (Wirtg.*, Noll*). Oberlahnstein 16 (P. Caspari*).

Hiernach weit zerstreut über alle Höhenlagen des Gebietes.

Deutet auf die Schweiz und Frankreich. — Die Pflanze geht durch Süd- u. Mittel-Europa bis Schottland u. Süd-Schweden, südöstl. : Caucasus, südl. : Algerien.

Sagina apetala.

Gieſsen 12 : Badenburg, Rödchener Kopf, Hangelstein, Schiffenberg. H. — Münchholzhausen 11, Allendorf a. Kl. 11 (Hey. R. 53). Wetzlar 11 : oberhalb Drullmann's Weinberg (nach Lambert). Marburg 5 (Wender.*). Jugenheim 39 (n. Reifsig). Bergstrafse 39, Rheinhessen 31, Lich 12 (D. u. Scr. S. 453). — Pfalz : fast überall 44 bis 46 (Schlz. S. 81). Var. glandulosa : Zweibrücken 43 (Schlz.*). Okriftel 25, Weilmünster 18, Wiesbaden 24, Langenbach 18 u. Amt Usingen 18 (Fuck. Fl.). Roth bei Gelnhausen 27 (Becker*). Hanau 26, Wasserlos 27, Nauheim 19 (Wett. Ber. 1868, 98). Rheinpreufsen 15, 8, 1 (Wirtgen*).

1	.	.	.	5	.	.
8	.	.	11	12	.	.
15	.	.	18	19	.	.
.	.	24	25	26	27	.
.	.	31	.	.	.	.
.	.	.	39	.	.	.
43	44	45	46	.	.	.

(unvollständig)

Hiernach anscheinend regellos zerstreut. Specialangaben unzureichend.

Sagina nodosa M. (Spergula L., Spergella R.).

Gieſsen 12 : District Rufsland, *Sumpf* nördl. v. Grofs-Linden, Rödchener Wiese ca. Udeborn. — (Hey. R. 53). Traishorloff 19 : alte Torfgruben. Münzenberger Salzwiese 12. Südwestl. v. Frankenbach 11. H. — Marburg 5 (Wender.*). Ramholz 21 (n. C. Reufs). Rofsdorf 33 (nach Wagner). — Pfalz : Speyer 46, zw. Speyerdorf u. der Frohnmühle 45, Hanhofen 46, Mainz 31 (auf *trockenen Sandflächen* mit Phleum arenarium); Erfenbach 44 (Schlz. S. 81). Rheinfläche v. Weifsenburg bis 39 Bingen 30 zerstreut, Dürkheim 45 (Poll. 1863, 118). Herborn 4, Emmerichenhain 10 (Fuck. Fl.). Nicht im westl. preufs. Gebietstheile (Löhr En.). Hengster 26, Reichelsheim 19, Hanau 26 (Wett. Ber. 1868, 98). Frei-Weinheim 31 (Fuck.*).

.	.	.	4	5	.	.
.	.	10	11	12	.	.
.	.	.	.	19	.	21
.	.	.	.	26	.	.
.	30	31	.	33	.	.
.	.	.	39	.	.	.
.	44	45	46	.	.	.

Hiernach regellos zerstreut über das Gebiet in niederen und mittleren Lagen. (Fehlt an der unteren Mosel 15 u. Lahn 16 (Wirtg.*).

Sagittaria sagittifolia.

Gieſsen 12 : Lahn, Felsen, Heſslar. Eich 39 : Altrhein. H. — Wieseck, Grünberg 12 (Heyer*). Bessunger Teich 32 (n. Wagner 1850, Bauer). Arheilgen 32 (n. Reifsig). — Pfalz : fehlt von der Rheinfläche an im ganzen westlichen Theile der bayrischen Pfalz. Auf der Rheinfläche bei Speyer 46, Neckarau 46, Oppau 46, Frankenthal 46, Worms 39 (Schlz. S. 422). Bingen bis Kreuznach 30 (Poll. 1863, 227). Lahn 16, Mosel 15 (Wirtg. Fl.). Nassau : Reichelsheim 19, Main 25, Rhein 24 (Fuck. Fl.). Marburg 5, Hanau 26 (Wender. Fl.). Siegburg 1 (Hildbd.*). Mainz 31 (nach v. Reichenau).

1	.	.	.	5	.	.
.	.	.	.	12	.	.
15	16	.	.	19	.	.
.	.	24	25	26	.	.
.	30	31	32	.	.	.
0	0	.	39	.	.	.
0	0	0	46	.	.	.

(unvollständig)

Hiernach zerstreut über die Thalsohle des Rheins und seiner Nebenflüsse; an der Lahn u. Wetter 12 weit aufwärts.

Salicornia herbacea.

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	12	.	.
.	.	.	.	19	20	.
.	.	.	(25)	.	27	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.

Münzenberg 12 : nordwestl. beim Sulzbrunnen (nach Graf. F. z. Solms-Laubach 1864). Wisselsheim 19. Nidda 20, Nauheim 19 (Hey. R. 318). Soden 25 (Löhr En.); bei Fuckel und Wirtgen indefs nicht erwähnt. Nicht bei Kissingen, H. Orber Saline 27 (Rufs*).

Hiernach nur an einer Stelle (Wetterau), auf salzigem Boden. — Sonst an den deutschen Seeküsten u. s. w. (Löhr En. 566).

Salix ambigua (aurito-repens Wim.).

Gieſsen 12 : am Philosophenwald. Hassenhausen 5. H. — Hinter dem Hangelstein (Heyer Rossm. 342). Hengster 26, Bessungen 32 (n. D. u. Scr. S. 192) — Pfalz : einzeln zw. Sal. repens u. aurita bei Maxdorf 45, Ellerstadt 45, Kaiserslautern 44 (Schlz. S. 416). Waghäusel

46 (Poll. 1863, 225). Für Rheinpreufsen nicht angegeben (Wirtg. Fl. 417, Reisefl. 127); ebenso für Nassau (Fuck. Fl.). Marburg 5 : Lahnberg (Wender.*).

Salsola Kali.

Darmstadt : nordwestl. 32; östl. vor Griesheim 32. Pfungstädter Torf 32. Bessunger Feld beim Kirchhof 32. Ober-Ingelheim 31 (Eisenb.-Station). H. — Büttelborn 32 : zahlreich auf *salzfreiem* Boden (nach Götz). Lästiges Unkraut bei Mombach u. Budenheim 24 (n. Reifsig). Zwischen Wiesbaden und Kastel 24 (Vogel*) : Sandäcker. Darmstadt 32 bis Mainz 31, Bergstrafse bis Zwingenberg 39, Schwetzingen 46, Mannheim 46, Käferthal 46, Virnheim 46, zwischen Bingen 30 u. Mainz 24, Alzey 38, Weinheim 38, Hernsheim 38 (D. u. Scr. S. 206). — Pfalz : Nieder-Ingelheim 24, Heidesheim 31, Budenheim 24, Mombach 24, Gonsenheim 31, Grofs-Gerau 32, Sandhofen 46, Ellerstadt 45, Speyer 46 (Schlz. S. 382). Oftersheim 46, St. Ilgen 46 : bes. Rohrhof u. Relaishaus; Ludwigshafen 46 (Poll. 1863, 213). Unterhalb Bingen nur *sporadisch* im *Rheinkies*, häufig in Holland (Wirtg. Reisefl.). Nicht in Nassau (Fuck. Fl.), bei Kissingen, H.

.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	24	.	.	.	.
.	30	31	32	.	.	.
.	.	38	39	.	.	.
.	.	45	46	.	.	.

Hiernach nur im engeren Rheingebiete in niederem Niveau. (Nicht an Salinen, aber an den Seeküsten.)

(Wird fortgesetzt.)

II.

Neue Versuche über die Absorption von Wärme durch Wasserdampf.

Von **W. C. Röntgen.**

(Hierzu Taf. I und II.)

§ 1. Die Frage, ob Wasserdampf die Fähigkeit besitzt, Wärme in höherem Mafse zu absorbiren als etwa die Gase Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, ist öfters Gegenstand von mitunter sehr sorgfältigen und langwierigen Untersuchungen gewesen. Sucht man nach einer Erklärung dafür, dafs speciell auf die Untersuchung des Wasserdampfes so viel Zeit und Mühe verwendet worden ist, so findet man eine solche erstens in der Bedeutung, welche jene Frage für die Beurtheilung von meteorologischen Verhältnissen besitzt und zweitens in der auf den ersten Blick vielleicht etwas auffälligen, nach Berücksichtigung der vielen und eigenthümlichen experimentellen Schwierigkeiten, die zu überwinden waren, jedoch begreiflichen Thatsache, dafs zwei der hervorragendsten Experimentatoren der Neuzeit zu gerade entgegengesetzten Resultaten gelangten und sich trotz ihrer durch Jahre hindurch fortgesetzten Untersuchungen nicht einigen konnten.

Es ist genugsam bekannt, wie Tyndall immer auf's neue die Existenz einer Absorption von Wärme durch Wasserdampf nachzuweisen suchte, und wie Magnus dieselbe auf Grund seiner Versuche hartnäckig bestritt, indem er die Ansicht aussprach, dafs die Ursache der von Tyndall beob-

achteten und dem Einfluſs des Wasserdampfes zugeschriebenen Absorption lediglich in Fehlerquellen zu suchen sei, deren Vorhandensein bei den Tyndall'schen Versuchen auch nicht bestritten werden konnte.

Die Folge dieser Meinungsverschiedenheit ist, daſs viele Physiker noch jetzt die Frage als eine offene betrachten und der Meinung sind, es sei nicht möglich, eine sichere Entscheidung über dieselbe durch Versuche, die nach der Tyndall-Magnus'schen Methode angestellt werden, herbeizuführen. In wie weit diese Ansicht gerechtfertigt ist, und ob es nicht schon durch eine kritische Untersuchung der bisher angestellten Versuche gelingen würde, zu einem definitiven Resultat zu kommen, will ich nicht beurtheilen. Anstatt dessen erlaube ich mir im Folgenden einige eigene, nach einer neuen und von der früheren durchaus verschiedenen Methode angestellte Beobachtungen mitzutheilen, die vielleicht geeignet sein dürften, um jeden Zweifel an der Thatsache, daſs der Wasserdampf ein relativ beträchtliches Absorptionsvermögen für ultrarothe Strahlen besitzt, endgültig zu beseitigen.

---

§ 2. Die erste schriftliche Mittheilung über die Methode ist in einer von mir am 8. December 1880 bei der Oberh. Ges. für Natur- u. Heilkunde eingereichten Notiz enthalten. (Abgedruckt in Wied. Ann. Bnd. 12, S. 155.) Ich schrieb damals, daſs die Methode von mir seit einigen Jahren benutzt wurde, um in den Vorlesungen über Experimentalphysik den Studierenden in einfacher Weise die Verschiedenheit des Absorptionsvermögens verschiedener Gase vor Augen zu führen, und daſs dieselbe mich veranlaſst habe, um Versuche über die durch intermittirende Bestrahlung eines Gases entstehenden Töne anzustellen. Die am Schluſs der Notiz ausgesprochene Hoffnung, daſs es mir mit Hülfe dieser Töne gelingen möchte, über die Gröſse der in Wasserdampf stattfindenden Absorption Aufschluſs zu erhalten, hat sich nicht verwirklicht; denn ich fand bald nachher, daſs dieses Verfahren nicht im Stande ist, um ganz einwurfsfreie und zuverlässige Resultate zu

liefern. Dagegen ergab sich auch, dafs die ursprüngliche, zunächst lediglich zu Demonstrationsversuchen von mir benutzte Methode nur genügend ausgebildet zu werden brauchte, um als exacte Untersuchungsmethode dienen zu können.

Ueber einige in dieser Richtung angestellte Vorversuche berichtete ich in einem am 16. Februar 1881 vor der Oberh. Gesellschaft gehaltenen Vortrag; ein einigermafsen ausführliches Referat über diesen Vortrag findet man in Band XX der Berichte dieser Gesellschaft und ein kürzeres in Band 5, S. 282 der Beiblätter. Diese Versuche erstreckten sich auf die Gase Luft, Wasserstoff, Wasserdampf, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Ammoniak, Leuchtgas, Ozon etc., welche in verschiedenen Apparaten der Bestrahlung durch verschiedene Strahlenquellen ausgesetzt wurden.

Am 19. Februar 1881 erhielt ich von Herrn Tyndall einen Abzug von einer in den Proc. of the Roy. Soc. Bnd. 31, p. 307 abgedruckten, kurzen Mittheilung zugeschickt, aus welcher ich zum ersten Male erfuhr, dafs auch Herr Tyndall, unabhängig von mir, in derselben Richtung mit Benutzung derselben Methode arbeitete und im Wesentlichen zu denselben Resultaten gekommen war, wie ich. Zufälligerweise wurde an demselben Tag (8. Dec. 1880), an welchem ich meine erste Notiz bei der Oberh. Ges. einreichte, auch von Herrn Tyndall über seine Versuche der Soc. of telegr. Engeneers Bericht erstattet. Am 23. Januar 1882 erhielt die Roy. Soc. das Manuscript eines am 24. November 1881 von Herrn Tyndall gehaltenen Vortrages, betitelt „Action of free Molecules on Radiant Heat, and its Conversion thereby into Sound“ (abgedruckt in den Phil. Trans. of the Roy. Soc. Part. I, 1882), in welchem derselbe die Absorption von Strahlen durch Gase allgemein und seine neueren Versuche darüber specieller behandelt. Es ist aus dieser Abhandlung zu entnehmen, dafs die beiden Wege, welche Herr Tyndall und ich betraten, zwar anfänglich zusammen liefen, später aber doch auseinander gegangen sind. Während nämlich Herr Tyndall, wie mir scheint, mehr Gewicht gelegt hat auf die Zahl der untersuchten Gase (im Ganzen ungefähr 75), hielt ich es für an-

gezeigt, nur wenig Gase, speciell Luft, Wasserstoff, Kohlensäure und namentlich Wasserdampf, diese aber mit möglichster Sorgfalt zu untersuchen.

Nachdem ich die nöthigen Apparate, welche sich meiner Ansicht nach zu einer definitiven Untersuchung eignen dürften, construirt und ausgesucht hatte, handelte es sich zunächst darum, zu prüfen, in wie weit dieselben sich als zuverlässig und brauchbar erwiesen. Diese Arbeit habe ich zum Theil Herrn Heine übertragen, indem ich ihn veranlafste, Absorptionsversuche nach der neuen Methode mit Kohlensäure, also mit einem Gas, dessen Absorptionsvermögen bis jetzt nicht bestritten worden ist, anzustellen. Das Resultat dieser Untersuchung, welche als Vorarbeit zu meinen Untersuchungen und als integrirender Theil derselben betrachtet werden mufs, wurde am 22. October 1881 der philosophischen Facultät der hiesigen Hochschule als Inaugural-Dissertation vorgelegt (abgedruckt in Wied. Ann. Bd. 16, S. 141).

Seit dieser Zeit war ich, soweit meine auch durch andere Arbeiten in Anspruch genommene Zeit es erlaubte, unablässig bemüht, die Methode zu vervollkommenen, und stellte erst, nachdem ich mich durch viele Vorversuche, über welche im Folgenden gar nicht berichtet werden soll, mit der Methode ganz vertraut gemacht hatte, die definitiven Versuche an, welche ungefähr $^3/_4$ Jahre in Anspruch nahmen.

---

§ 3. Der Gedanke, welcher der Methode zu Grunde liegt, ist ein ungemein einfacher; so einfach, dafs ich es anfänglich für unwahrscheinlich hielt, dafs derselbe nicht schon früher von einem der vielen Physiker, die sich mit der Absorption von Wärme durch Gase beschäftigten, ausgesprochen und, wäre es auch nur zur Controle ihrer Versuche, verwerthet sein sollte; ich habe aber darüber Nichts in der älteren Literatur (vor 1880) finden können. Dieser Grundgedanke ist der folgende :

Setzt man ein Gas, welches in einem Gefäfs enthalten ist, dessen Wände für Strahlen mehr oder weniger durch-

lässig sind, einer von aufsen kommenden Bestrahlung aus, so wird im Allgemeinen die Temperatur des Gases in Folge der Bestrahlung erhöht; von anderen Veränderungen, die die Bestrahlung in Gase erzeugen könnte, wollen wir im Folgenden absehen. Das Gas erhält Wärme auf zwei verschiedenen Wegen; erstens auf einem indirecten Wege, nämlich von den sich durch Absorption allmählich erwärmenden Gefäfswänden und zweitens durch directe eigene Absorption von Strahlen, die, nachdem sie durch die Gefäfswand hindurchgegangen sind, in das Gas eindringen. Die Temperaturzunahme, welche das Gas in Folge der zuerst genannten Wärmemittheilung in einer gewissen Zeit erleidet, ist unter sonst gleichen Umständen nicht oder fast gar nicht von der Natur des Gases abhängig; dagegen ist die durch directe Absorption erzeugte Temperaturerhöhung selbstverständlich verschieden, je nachdem das Gas Wärme absorbirt oder nicht. Würde man also in einem speciellen Fall zwei Gase, von denen das eine sicher keine merklichen Wärmemengen absorbirt, nach einander in demselben Gefäfs derselben Bestrahlung aussetzen und finden, dafs die Temperatur des zweiten Gases nach einer gewissen Zeit mehr gestiegen ist, als die des ersteren, so darf man daraus schliefsen, dafs das zweite Gas Wärme absorbirt hat. Die Bestimmung der Temperaturänderungen wird man am Besten durch Beobachtung des Druckes des eingeschlossenen Gases vornehmen; beobachtet man also, dafs der Druck des zweiten Gases nach Verlauf einer gewissen Zeit seit Anfang der Bestrahlung mehr gestiegen ist, als es bei einem vorhergehenden Versuch mit dem ersten Gas der Fall war, so ist dadurch nachgewiesen, dafs das zweite Gas Strahlen von der Wärmequelle direct absorbirt hat.

Aufser diesem für die im Gas stattgefundene Absorption charakteristischen Merkmal, giebt es noch ein zweites, zu dessen Beobachtung nicht zwei Versuche mit verschiedenen Gasen erforderlich sind, sondern schon ein Versuch mit dem betreffenden Gas genügt. Vor der Bestrahlung mögen das Gefäfs und das eingeschlossene

Gas die gleiche Temperatur haben; wenn dann die Bestrahlung anfängt, so wird das Temperaturgleichgewicht gestört und zwar in verschiedener Weise, je nachdem das Gas ein absorbirendes ist oder nicht. Im ersten Fall wird bei passender Einrichtung der Apparate die Temperatur des Gases während der Bestrahlung immer höher sein als die des Gefäfses und erst nach Unterbrechung der Bestrahlung stellt sich die Temperaturgleichheit wieder her; im zweiten Fall dagegen ist die Temperatur der mit dem Gas in Berührung stehenden Gefäfswände in jedem Augenblick, so lange die Bestrahlung dauert, zwar etwas, aber, eine richtige Construction der Apparate vorausgesetzt, nur sehr wenig höher als die Temperatur des Gases. Besäfse man somit ein Mittel um im speciellen Fall zu erfahren, ob die Temperatur des Gases während der Bestrahlung höher ist als die des Gefäfses, oder nicht, so könnte man mit Hülfe desselben die Frage, ob das betreffende Gas Strahlen absorbirt oder nicht, beantworten. Nun giebt es in der That ein derartiges Mittel und zwar wiederum ein sehr einfaches: man beobachte, wie sich der Druck des Gases ändert, nachdem die Bestrahlung plötzlich unterbrochen wurde. Enthält das Gefäfs ein absorbirendes Gas, so wird der Druck rasch abnehmen und auf einen einer gemeinschaftlichen mittleren Temperatur des Gefäfses und des Gases entsprechenden Werth herabsinken; absorbirt dagegen das Gas keine Strahlen, so mufs der Druck sich nach Unterbrechung der Bestrahlung kaum und nur sehr langsam ändern, da zu keiner Zeit eine merkliche Differenz zwischen der mittleren Temperatur des Gefäfses und der des Gases vorhanden ist. Aehnliche Beobachtungen über den Verlauf des Druckes nach plötzlichem Anfang der Bestrahlung führen zu demselben Resultat.

Es ist folglich sowohl die Messung der Gröfse der durch Bestrahlung im Gas erzeugten Druckänderungen, als auch die Beobachtung des Verlaufes dieser Druckänderungen zu Anfang und nach Schlufs der Bestrahlung geeignet, um das Verhalten eines Gases in Bezug auf Absorption zu prüfen.

Wiewohl das mitgetheilte Princip der Methode in der

That sehr einfach ist, so ergeben sich doch bei der Ausführung desselben, sobald es sich um exacte Versuche handelt, eine Reihe von praktischen Schwierigkeiten, und es war ein recht langer, mitunter mühsamer Weg zurückzulegen, bis ich mit Bestimmtheit sagen konnte, dafs dem Wasserdampf ein merkliches Absorptionsvermögen zukommt.

---

§ 4. Bevor ich zu der detaillirten Beschreibung der benutzten Apparate übergehe, möchte ich kurz die wichtigsten Gesichtspunkte, welche bei ihrer Construction mafsgebend waren, besprechen.

Bei der Construction des Apparates, in welchem das zu untersuchende Gas eingeschlossen und der Bestrahlung ausgesetzt werden soll, des Absorptionsapparates, war zunächst darauf Bedacht zu nehmen, dafs der Theil von Wärme, welcher dem Gase durch Berührung mit den sich erwärmenden Gefäfswänden zugeführt wird, möglichst gering sei im Vergleich zu demjenigen, welcher von dem Gas eventuell absorbirt wird; denn würde die erstere Wärmemenge stark überwiegen, so würden namentlich bei schwach absorbirenden Gasen allerhand Fehlerquellen, so z. B. geringe Aenderungen in der Stärke der Bestrahlung von einem Versuch zum anderen, sich so bemerkbar machen, dafs es schwer wäre, mit Sicherheit anzugeben, ob die beobachtete Verschiedenheit der in zwei verschiedenen Gasen erzeugten Druckänderungen auf Rechnung irgend einer derartigen Fehlerquelle oder einer Absorption gebracht werden müfste.

Im vorliegenden Fall liefse sich diefs entweder dadurch erreichen, dafs man den Absorptionsapparat ganz und gar aus einer möglichst diathermanen Substanz herstellte, — denn alsdann würden möglichst viel Strahlen zu dem Gas gelangen, ohne dafs eine bedeutende Erwärmung der Wände stattfände — oder dadurch, dafs man den Apparat auf derjenigen Seite, welche der Strahlenquelle zugewendet ist, mit einer diathermanen Platte verschliefst und den übrigen Theil aus einem Material verfertigt, welches zwar vollständig ather-

man ist, dafür aber durch sorgfältiges Poliren ein grofses Reflexionsvermögen erhalten hat, und dessen specifische Wärme, thermisches Leitungsvermögen und Masse beträchtlich ist.

Ich habe mich nun für das zweite Mittel entschieden, weil dasselbe sich besser ausführen läfst und überhaupt praktischer sein dürfte, als das erstere. Der am häufigsten benutzte Absorptionsapparat besteht demnach aus einer recht dickwandigen, innen hoch polirten und vergoldeten Messingröhre, die auf der einen Seite durch eine Steinsalzplatte und auf der anderen Seite durch eine polirte und vergoldete Messingplatte luftdicht verschlossen ist. Die Strahlen gelangen durch die Steinsalzplatte zum Gase, und werden im Inneren der Röhre öfters von den Wänden reflectirt; dadurch wird erreicht, dafs die Röhre sich möglichst wenig erwärmt und dafs das Gas möglichst viel von den einfallenden Strahlen absorbiren kann.

Der Absorptionsapparat steht durch eine enge Glasröhre mit dem Manometer in Verbindung. Dasselbe besteht aus einer sogenannten Marey'schen Trommel, einer mit einer dünnen Kautschukmembran überzogenen Metallkapsel, deren Hohlraum durch die soeben erwähnte Glasröhre mit dem Inhalt des Absorptionsapparates communicirt. Dieselbe hat sich sehr gut bewährt und ich darf wohl behaupten, dafs das Gelingen meiner Arbeit wesentlich durch die Wahl dieses Manometers bedingt gewesen ist. Ein gewöhnliches, mit irgend einer Flüssigkeit gefülltes Manometer wäre gar nicht zu gebrauchen gewesen; dasselbe ist, wenn es sich um eine rasche Messung von Druckänderungen bis auf Bruchtheile eines Millimeters handelt, zu unempfindlich und zu ungenau. Aufserdem kommt noch in Betracht, dafs nicht nur die Gröfse, sondern auch der Verlauf der durch Bestrahlung im Gas erzeugten Druckänderungen bestimmt werden mufste; und dazu eignet sich die Marey'sche Trommel ganz vorzüglich, wenn man die durch die Druckänderungen hervorgerufenen Bewegungen der Membran auf einen Hebel überträgt, der diese Bewegungen auf einen rotirenden, mit berufstem Glanzpapier überzogenen Cylinder aufschreibt.

Würde ich ein Flüssigkeitsmanometer angewendet haben, so wäre diese Beobachtung in einigen Fällen geradezu unmöglich gewesen. Vielleicht wird man fragen, weshalb ich die bei einer anderen Gelegenheit von mir eingeführte Methode der Messung von Druckänderungen eines Gases mittelst Spiegelablesung nicht angewendet habe; was Empfindlichkeit und Sicherheit anbetrifft, steht dieselbe über der soeben beschriebenen Methode, allein es wäre mir auch damit nicht immer möglich gewesen den sehr raschen Verlauf der Druckänderungen genügend genau zu beobachten. Schliefslich ist noch ein nicht geringer Vorzug der graphischen Methode hervorzuheben; dieselbe liefert in sehr übersichtlicher Weise die Versuchsresultate in der Gestalt von gut aufzubewahrenden Curven, die sehr leicht zu jeder Zeit gemessen und wieder gemessen werden können.

Ein Bedenken könnte man allerdings gegen die Anwendung jener Methode geltend machen; es fragt sich nämlich, ob die Angaben über Druckänderungen, welche man mittelst einer sich mehr oder weniger ausbauchenden Kautschukmembran und einer ziemlich bedeutenden Hebelübertragung erhält, in der That zuverlässig und präcise genug sind. Ich habe anfänglich in dieser Beziehung nicht geringe Besorgniſs gehabt und habe gerade deshalb Hrn. Heine veranlafst, bei seinen Versuchen besonderes Gewicht auf diese Frage zu legen. Die Heine'sche Arbeit und nicht weniger meine eigenen Erfahrungen haben aber gezeigt, dafs das Verfahren bei richtiger Behandlung des Apparates und bei vorsichtigem Experimentiren ein durchaus sicheres ist. In der langen Zeit, während welcher ich mit dem Apparat arbeite, hat das Manometer immer richtig und ohne jemals zweifelhafte Angaben zu liefern functionirt; häufig zwischen den Absorptionsversuchen ausgeführte Calibrirungen der Trommel d. h. Messungen des Verhältnisses der Erhebung der Hebelspitze zu der durch ein Wassermanometer direct gemessenen Druckerhöhung ergaben, dafs eine merkliche Aenderung in der Beschaffenheit der Membran auch nach längerer Zeit nicht

eintrat. Die Membran wurde deshalb nur etwa von Jahr zu Jahr durch eine neue ersetzt.

Bei sehr heftigen Stürmen werden die raschen Schwankungen des Barometerstandes auch in einem Arbeitsraum, dessen Fenster und Thüren verschlossen sind, durch kleine auf- und niedergehende Bewegungen des Hebels bemerkbar, wenn der Inhalt der Trommel durch Schliefsen der betreffenden Hähne von der äufseren Atmosphäre abgesperrt ist. Da nun letzteres während der Bestrahlung des Gases selbstverständlich der Fall sein mufs, so können derartige Schwankungen störend wirken und es empfiehlt sich dann, mit den Versuchen zu warten, bis besseres Wetter eingetreten ist. Ich habe es vorgezogen diese kleine Unbequemlichkeit beizubehalten, anstatt dieselbe durch eine nicht schwer anzubringende, aber beim Gebrauch immerhin etwas umständliche Vorrichtung zu beseitigen.

Abgesehen aber von diesen bei Sturm vorkommenden plötzlichen Aenderungen des Barometerstandes ändert sich der Druck der Atmosphäre, wenn auch langsam, so doch fast fortwährend; ebenso ändert sich die Temperatur der Luft, welche den Absorptionsapparat umgiebt und somit auch die Temperatur des Apparates selbst von einem Augenblick zum anderen. Es könnten auch dadurch Fehlerquellen entstehen, die, wenn man sie nicht berücksichtigte, zu falschen Schlüssen Veranlassung geben könnten. Es giebt aber, wie wir später sehen werden, ein einfaches Mittel, um diese störenden Einflüsse in Rechnung zu ziehen und die Versuchsresultate von ihnen zu befreien.

Die Magnus-Tyndall'schen Untersuchungen haben, abgesehen von der Bedeutung ihrer positiven Resultate, auch deshalb grofsen Werth, weil die Physiker durch dieselben auf verschiedene Fehlerquellen aufmerksam gemacht worden sind, die selbstverständlich bei einer abermaligen experimentellen Behandlung des Gegenstandes vor allen Dingen berücksichtigt und wenn möglich vermieden werden müssen. Ich glaube, dafs die Physiker, wenigstens diejenigen, welche die Magnus-Tyndall'schen Arbeiten gelesen haben und

dadurch mit den Schwierigkeiten der Versuche über Absorption von Wärme durch Gase bekannt geworden sind, kaum bei irgend einer Untersuchung oder auch nur beim Lesen einer darüber erschienenen Abhandlung so kritisch gestimmt werden, wie wenn dieselbe sich auf die Absorption von Wärme durch Wasserdampf bezieht. Wenn ich somit im Folgenden aus der Beobachtung, dafs die Bestrahlung von feuchter Luft eine gröfsere Druckerhöhung zur Folge hat als die von trockener Luft, den Schlufs ziehe, dafs erstere ein gröfseres Absorptionsvermögen besitzt als letztere, so ist es mehr als in einem anderen Fall geboten, dafs ich in möglichst vollständiger und überzeugender Weise die Berechtigung dazu nachweise. Um diefs thun zu können, ist es zunächst erforderlich, dafs die Einwände, welche gegen diese Schlufsfolgerung erhoben werden könnten, entkräftet werden. Einige dieser Einwände möchte ich schon jetzt besprechen.

Was den von Magnus bei den Tyndall'schen Versuchen als vorhanden nachgewiesenen Einfluſs der Vaporhäsion und der hygroskopischen Eigenschaften des Steinsalzes anbetrifft, so mufs neben der Versicherung, dafs derselbe von mir in vollem Mafse berücksichtigt wurde, hervorgehoben werden, dafs sowohl die Vaporhäsion als auch die hygroskopischen Eigenschaften des Steinsalzes die nach der neuen Methode erhaltenen Resultate in anderer Weise und auch in geringerem Mafse beeinflussen können, als diefs bei der Tyndall-Magnus'schen Methode der Fall war. Zwischen der älteren und der neuen Methode besteht nämlich ein principieller Unterschied. Die Gröfse des Absorptionsvermögens eines Gases wurde nach der älteren Methode bestimmt aus der *Differenz* der thermoelektrisch gemessenen Wärmemengen, welche durch den zuerst luftleeren oder mit einem kaum merklich absorbirenden Gas gefüllten und darauf durch den mit dem betreffenden Gas gefüllten Apparat *hindurchgingen*. Jeder Verlust auf diesem Wege und namentlich der bei der Untersuchung von feuchter Luft durch die angegebenen Ursachen entstandene, addirt sich zu der eventuell durch Absorption zurückgehaltenen Wärmemenge und die Beobachtung liefert

das gesammte Resultat einer Reihe von unter Umständen nur sehr schwer aus einander zu haltenden Erscheinungen. Die beiden genannten Ursachen wirken in demselben Sinne wie eine Absorption durch das betreffende Gas und können deshalb leicht mit dieser verwechselt werden. Anders liegt die Sache bei den Versuchen nach der neuen Methode, wo für die vom Gas absorbirte Wärmemenge ein *directes* Maſs in der von ihr im Gas selbst erzeugten Temperatur- resp. Druckänderung gefunden wird. Die Vaporhäsion an den Wänden und die Feuchtigkeit des Steinsalzes können bewirken, daſs *weniger* Strahlen zu der feuchten Luft gelangen und daſs dadurch die eventuell durch Absorption erzeugte Druckerhöhung geringer ausfällt, als wenn diese störenden Einflüsse nicht vorhanden gewesen wären. Die beobachtete Druckänderung wäre demnach das Resultat von zwei in entgegengesetztem Sinne wirkenden Ursachen (Absorption und Vaporhäsion) und es kann deshalb eine Verwechselung beider nicht so leicht vorkommen, wie bei den älteren Versuchen. Meines Erachtens liegt hierin ein groſser Vorzug der neuen Methode.

Damit soll aber noch durchaus nicht gesagt sein, daſs die Vaporhäsion und die Feuchtigkeit des Steinsalzes in keiner Weise die Sicherheit meiner Resultate hätten beeinträchtigen können und daſs es unnöthig gewesen wäre, sich durch Versuche der mannigfachsten Art davon zu überzeugen, daſs sie in der That auf meine Versuche keinen schädlichen Einfluſs ausgeübt haben. Es wäre nämlich noch immer möglich, daſs beide Fehlerquellen zu irrigen Schlüssen Veranlassung gegeben hätten, wenn auch in anderer Weise, als soeben besprochen wurde. Es lieſse sich z. B. denken :

1°. Daſs die bei feuchter Luft gefundene gröſsere Druckerhöhung eine Folge wäre von der Erwärmung und von dem dadurch bewirkten Verdunsten von flüssigem Wasser, mit welchem die innere Seite der Steinsalzplatte vielleicht bedeckt ist; oder

2°. daſs dieselbe herrührte von einer Verdampfung von Wasser, welches an den polirten Gefäſswänden haftet; oder

3°. dafs die Mittheilung von Wärme von Seiten der sich erwärmenden Wände an das Gas eine andere wäre, wenn sich feuchte Luft im Gefäfs befindet, als wenn darin trockene Luft enthalten ist; was daher kommen könnte :

a. dafs die Gefäfswände mit einer dünnen Wasserschicht bedeckt sind, oder

b. dafs die Eigenschaften von feuchter Luft, namentlich die Wärmeleitungsfähigkeit, specifische Wärme und Viscosität andere sind, als die von trockener Luft.

4°. Dafs die überhaupt vom Absorptionsapparat absorbirte Wärmemenge dadurch vergröfsert wäre, dafs das Reflexionsvermögen der Wände und die Diathermansie des Steinsalzes in Folge der Vaporhäsion abgenommen hätten.

Bezüglich dieser Einwände möchte ich Folgendes bemerken :

Den unter 1) angegebenen Einfluſs der Condensation von Wasserdampf auf der Steinsalzplatte habe ich dadurch genau untersucht, dafs ich Absorptionsversuche mit trockener und feuchter Luft, sowie mit trockenem und feuchtem Wasserstoff bei gewöhnlicher Zimmertemperatur anstellte, bei welchen der Absorptionsapparat verschlossen war : 1) durch eine polirte Steinsalzplatte, oder 2) durch eine von einer trockenen Wasserstoffatmosphäre umgebene polirte Steinsalzplatte, oder 3) durch eine auf der inneren Seite mit Schellack gefirnifste, polirte Steinsalzplatte, oder 4) durch eine dünne Birminghamglasplatte; aufserdem wurden Versuche mit trockener und mit bei 0° gesättigter Luft in einem mit polirtem Steinsalz oder mit Glas verschlossenen, auf ungefähr 182° erwärmten Absorptionsapparat ausgeführt. Dabei hat sich ergeben, dafs eine Verdampfung nicht nachweisbar ist, wenn die bei meinen Versuchen angewendeten Sättigungsgrade nicht überschritten werden.

Die unter 2) angegebene Möglichkeit ist dadurch ausgeschlossen, dafs die bei 182° angestellten Versuche im wesentlichen dasselbe Resultat ergaben, wie die bei gewöhnlicher Temperatur. Wollte man die sehr unwahrscheinliche Annahme machen, dafs die Vaporhäsion in feuchter, bei 0° ge-

sättigter Luft, trotz der bedeutenden Temperaturerhöhung des ganzen Apparates auf 182°, noch merklich vorhanden wäre, so könnte man consequenterweise nicht zugeben, dafs durch die jedenfalls geringe Temperaturerhöhung, welche die eng an die gut leitenden Messingwände anliegende Wasserschicht durch Absorption erfährt, soviel Wasser zum Verdampfen gebracht würde, dafs der Druck dadurch in solchem Mafse stiege, wie es wirklich der Fall ist; die eine Annahme schliefst die andere einfach aus.

Auch mufs erwähnt werden, dafs die Thatsache, dafs feuchte Luft und gleich feuchter Wasserstoff sich in so weit verschieden verhalten, als erstere bei Bestrahlung eine gröfsere Druckerhöhung erfährt als letzterer, nicht gut mit Hülfe von 1) und 2) erklärt werden könnte; während eine von der Existenz einer durch das Gas ausgeübten Absorption ausgehende Erklärung darüber vollständigen Aufschlufs giebt. Dieselbe Erscheinung findet man nämlich auch bei Mischungen von Luft und Wasserstoff mit Kohlensäure, und ist dieselbe in der Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften der dem Wasserdampf resp. der Kohlensäure beigemischten Gase, Luft und Wasserstoff, begründet.

Um den Einwand 3a zu entkräften, habe ich Versuche mit Apparaten angestellt, deren innere Wand absichtlich mit Wärme gut absorbirenden Substanzen, wie Schellackfirnifs und Lampenrufs überzogen war. Auch können die Versuche bei 182° zu diesem Zweck herangezogen werden.

Dafs die Verschiedenheit der Wärmeleitungsfähigkeit u. s. w. von trockener und feuchter Luft (3b) nicht benutzt werden kann, um das verschiedene Verhalten derselben bei der Bestrahlung zu erklären, wurde, abgesehen davon, dafs diefs schon an und für sich unwahrscheinlich wäre, dadurch zur Evidenz gebracht, dafs gezeigt wurde, dafs zwei so verschiedene Gase, wie trockene Luft und trockener Wasserstoff, die aber beide nicht merklich Wärme absorbiren, sich bei der Bestrahlung auch genau gleich verhalten.

Ebenso hat sich ergeben, dafs die vierte Möglichkeit in Wirklichkeit nicht existirt. Man kann sich mit Hülfe der

weiter unten mitzutheilenden Versuchsresultate leicht davon überzeugen, dafs die durch Bestrahlung erzeugte schliefsliche Temperaturerhöhung des ganzen Apparates mit Inhalt nicht merklich verschieden ist, wenn feuchte oder wenn trockene Luft sich im Apparat befindet.

Ich möchte noch auf zwei andere Einwände aufmerksam machen.

Wenn das Wasser bei den Versuchen, die bei gewöhnlicher Temperatur angestellt wurden, ganz oder auch nur zum Theil in der Form von kleinen Bläschen oder Tröpfchen vorhanden wäre, so würden diese aus flüssigem Wasser bestehenden Theilchen während der Bestrahlung Wärme absorbiren und somit erwärmt werden. Die Folge davon wäre, dafs sowohl eine theilweise Verdampfung als auch eine Mittheilung von Wärme an das beigemischte Gas, folglich eine Druckerhöhung stattfände, die irrthümlicherweise für eine von dem Wasserdampf ausgeübte Absorption gehalten werden könnte. Dazu ist nun zu bemerken, erstens dafs solche Bläschen oder Tröpfchen in der bei 0^0 gesättigten und auf 182^0 erwärmten Luft wohl kaum vorkommen dürften *); zweitens dafs in einer unten ausführlich mitzutheilenden Weise dafür gesorgt wurde, dafs bei den Bestrahlungsversuchen nur Wasserdampf vorhanden sein konnte, und drittens dafs trockene Luft, die über Schnee von -15^0 geleitet wurde, sich dort sättigte und somit wohl keine Wasserbläschen enthielt, während der Bestrahlung sich im Wesentlichen gerade so verhielt, wie Luft, die ihre Feuchtigkeit einem mit flüssigem Wasser gefüllten Apparat entnommen hatte.

Aehnlich wie Wasserbläschen würden auch Staubtheilchen, die im Gas suspendirt wären, wirken; ich glaube, dafs ein nicht absorbirendes Gas, welches viel feine Staubtheilchen enthält, sich während der Bestrahlung so verhält, als wäre demselben ein absorbirendes Gas beigemischt worden.

---

*) Auch hier könnte man dieselbe Ueberlegung anstellen, wie bei der Besprechung des zweiten Einwandes.

Deshalb habe ich bei den definitiven Versuchen besonders darauf geachtet, dafs nur staubfreie Gase verwendet wurden.

Der sechste Einwand, der gemacht werden könnte, wäre der, dafs man sagte, der Wasserdampf wäre bei meinen Versuchen nicht rein, sondern mit einem fremden absorbirenden Gas vermischt gewesen. Es ist dieser Einwand keineswegs so unbedeutend, wie er vielleicht auf den ersten Blick zu sein scheint, denn ich habe während meiner Arbeit genügend erfahren, wie schwer es ist, *reine* Gase herzustellen. So hat es mich z. B. sehr viel Mühe und Zeit gekostet, bevor es mir gelang, Wasserstoff zu erhalten, der keine Absorption mehr zeigte. Durch derartige Erfahrungen belehrt, habe ich mit aller Sorgfalt die Herstellung des Wasserdampfes überwacht und mich durch Controlversuche davon überzeugt, dafs derselbe wirklich rein war.

Oben wurde mitgetheilt, dafs ein nicht absorbirendes und ein absorbirendes Gas, welche im Apparat der Bestrahlung ausgesetzt werden, sich nicht nur durch die Gröfse, sondern auch durch den Verlauf der Aenderung ihrer Temperatur resp. ihres Druckes so wesentlich von einander unterscheiden können, dafs daraus ein Schlufs auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Absorption gezogen werden kann; ich möchte nun darlegen, dafs dieser von mir thatsächlich beobachtete Unterschied zwischen dem Verhalten von trockenen und feuchten Gasen durch eine von Wasserdampf ausgeübte Absorption sehr gut, dagegen durch eine der unter 1, 2, 4 und 5 angegebenen Ursachen kaum oder gar nicht erklärt werden kann. Um diefs thun zu können, mufs ich schon jetzt die betreffenden Versuchsresultate zur Sprache bringen. Versuche haben ergeben, dafs der Druck von reiner Luft*) und reinem Wasserstoff während ihrer Bestrahlung in dem mit Steinsalz verschlossenen Apparat nur sehr wenig und regelmäfsig, der Dauer der Bestrahlung nahezu proportional

*) Unter „reiner Luft“ oder unter „Luft“ allein verstehe ich im Folgenden immer die bekannte Mischung von Stickstoff und Sauerstoff und zwar befreit von allen anderen Gasen.

wächst; nach Beendigung der Bestrahlung bleibt der Druck während längerer Zeit nahezu unverändert, oder präciser ausgedrückt, nimmt der Druck nur äufserst langsam ab. Es geht diefs unter Anderem aus der in Fig. 4 möglichst genau wiedergegebenen Bestrahlungscurve hervor, welche mit der Marey'schen Trommel bei Bestrahlung von reinem Wasserstoff durch eine Bunsen'sche Flamme erhalten wurde; die untere der beiden Linien kann als Abscissenaxe, deren Abschnitte der Zeit proportional sind, aufgefafst werden; die obere Linie besteht aus zwei Theilen a b und b c, von denen der erste während der Bestrahlung, der zweite nach Unterbrechung der Bestrahlung geschrieben wurde; die Stelle a entspricht dem Anfang, die Stelle b dem Ende der Bestrahlung; man erkennt, dafs der Theil a b aus einer schwach ansteigenden, von einer Geraden nicht merklich verschiedenen Linie, der Theil b c aus einer der Abscissenaxe parallelen Geraden besteht. Da nun die Ordinaten den durch Bestrahlung erzeugten Druckänderungen des Gases proportional sind, so ergiebt sich aus der Curve ohne weiteres das vorhin mitgetheilte Resultat.

Man kann dasselbe auch so aussprechen, dafs man sagt: die mittlere Temperatur der eingeschlossenen reinen Gase ist in jedem Augenblick sowohl während als nach der Bestrahlung nicht merklich von der mittleren Temperatur des Absorptionsapparates verschieden; und dieses Resultat ist vollständig im Einklang mit der bekannten Thatsache, dafs beide Gase nur äufserst wenig Wärme absorbiren.

Anders liegt die Sache, wenn Bestrahlungsversuche mit feuchter Luft oder feuchtem Wasserstoff, oder auch mit einer Mischung von Luft resp. Wasserstoff und Kohlensäure angestellt werden. In diesem Fall wächst der Druck durchaus nicht mehr proportional der Bestrahlungszeit, derselbe steigt vielmehr in den ersten Augenblicken nach Anfang der Bestrahlung verhältnifsmäfsig rasch und später nur noch langsam; ebenso sinkt der Druck sofort nach Beendigung der Bestrahlung sehr rapide auf denjenigen Druck herab, welcher auch erreicht worden wäre, wenn reine Luft oder

reiner Wasserstoff sich im Apparat befunden hätten. In Fig. 10 ist die Bestrahlungscurve, welche durch Bestrahlung von feuchter Luft mit einer Bunsen'schen Flamme erhalten wurde, wiedergegeben; dieselbe besteht nicht mehr aus einer geknickten geraden Linie, sondern aus zwei Stücken a b und b c, die an ihrem Anfang stark gekrümmt sind und erst in ihrem weiteren Verlauf allmählich in eine nahezu gerade Linie übergehen. Auch hier entspricht die Stelle a dem Augenblick des Anfanges, die Stelle b dem Augenblick des Endes der Bestrahlung.

Es ist nun auch jetzt wiederum nicht schwer, einzusehen, dafs der Verlauf des Druckes ein derartiger sein mufs, sobald man nur von der Annahme ausgeht, dafs der Wasserdampf, welcher der Luft beigemischt ist, Wärme absorbirt. Durch die Wärme, welche die Gasmischung absorbirt, wird sich die Temperatur des Gases nach Anfang der Bestrahlung rasch über die Temperatur des Gefäfses erheben; die Folge davon ist, dafs das Gas Wärme an die Hülle abgiebt und durch die Steinsalzplatte ausstrahlt. Da aber die Zufuhr von Wärme bei fortgesetzter Bestrahlung constant bleibt, die Abgabe dagegen fortwährend mit zunehmender Temperatur des Gases zunimmt, so wird sehr bald ein Gleichgewichtszustand eintreten, wo die vom Gas absorbirte Wärmemenge der von demselben an das Gefäfs abgegebenen und ausgestrahlten Wärmemenge gleich geworden ist. Von diesem Augenblick an bleibt während der Bestrahlung die Differenz zwischen den Temperaturen der Hülle und des Gases constant und die Temperatur des Gases steigt nur noch sehr langsam in gleichem Schritt mit der des Gefäfses. Wenn dann die Bestrahlung unterbrochen und dadurch die Wärmezufuhr plötzlich abgeschnitten wird, so gleicht sich jene Temperaturdifferenz sehr bald aus und es wird nach kurzer Zeit eine gemeinschaftliche mittlere Temperatur erreicht sein, die nur äufserst wenig, bei meinen Versuchen nicht merklich verschieden ist von der Temperatur, welche Gefäfs und Gas haben würden, wenn das Gas keine Wärme absorbirt hätte.

Dieser Temperaturverlauf entspricht aber genau den aus der Fig. 10 sich ergebenden Druckänderungen.

Wollte man nun annehmen, dafs die durch Bestrahlung resp. durch Unterbrechung der Bestrahlung in feuchter Luft hervorgebrachten Druckänderungen ihren Grund hätten in der Anwesenheit von flüssigem Wasser, welches möglicherweise die Steinsalzplatte und die Röhrenwand bedeckt, oder in dem Gas suspendirt ist, so könnte man allenfalls eine wenn auch nicht gerade sehr wahrscheinliche Erklärung für das rasche Ansteigen des Druckes nach Anfang der Bestrahlung darin finden, dafs man sagte, ein Theil des Wassers verdunste sehr rasch in Folge der Bestrahlung; man müfste dann aber auch annehmen, dafs dieser Verdunstungsprocefs den Druck des Gases in genau derselben Weise verändere, wie die Absorption von Wärme den Druck von kohlensäurehaltiger Luft thatsächlich ändert; denn es unterscheiden sich die Bestrahlungscurven der beiden Gasmischungen in keiner Weise von einander. Vollkommen unverständlich aber wäre es meines Erachtens, weshalb der Druck nach Unterbrechung der Bestrahlung ebenso rasch abnimmt, wie er vorher zunahm; denn zur Condensation derselben Wasserdampfmenge, die vorher gebildet wäre und sich allmählich gleichmäfsig durch die ganze Gasmasse vertheilt haben müfste, würde doch wohl eine längere Zeit erforderlich sein, als thatsächlich die Druckabnahme dauert.

Würde somit nicht durch die auf S. 61 u. ff. kurz mitgetheilten Versuche und Betrachtungen schon hinlänglich der Nachweis geliefert sein, dafs die unter 1, 2, 4 und 5 angeführten Einwände gegen die Versuchsmethode hinfällig sind, so würde diefs schon allein aus einer Beobachtung der Form der Druckcurven hervorgehen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, wenn ich noch besonders hervorhebe, dafs die geschilderten Temperaturverhältnisse, welche in absorbirenden und in nicht absorbirenden Gasen durch Bestrahlung erzeugt werden, zum Theil sehr wesentlich bedingt sind durch die Construction des Apparates. Namentlich sind es die Diathermansie des Steinsalzes,

das gute Wärmeleitungsvermögen, die hohe specifische Wärme, das beträchtliche Reflexionsvermögen und die im Vergleich zur Masse des eingeschlossenen Gases bedeutende Masse des Absorptionsapparates, sowie endlich der Umstand, dafs das Verhältnifs der Oberfläche der inneren Gefäfswände zu dem Volumen des Gases klein ist, welche in leicht verständlicher Weise zusammenwirken, um jene Verhältnisse zu Stand zu bringen. Der Apparat erhielt dann auch erst nach reiflicher Ueberlegung und nach vielen Vorversuchen mit anders gestalteten Apparaten seine jetzige Form und Einrichtung.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen gehe ich zu der detaillirten Beschreibung der Apparate und der Versuche über.

---

§ 5. Der eine und zwar der bei den definitiven Versuchen am häufigsten gebrauchte Absorptionsapparat ist folgendermafsen eingerichtet. (Vgl. Fig. 1 und 2.) A ist eine 7 cm lange, 3 cm weite Röhre aus fehlerfreiem Messing; die Wandstärke beträgt überall 0,6 cm mit Ausnahme von den Stellen, wo sich die beiden ringförmigen Wülste befinden, in welchen die beiden Hahnstücke B und C eingelöthet sind. Das Ausdrehen und Poliren der Röhre geschah erst, nachdem die erwähnten Hahnstücke eingesetzt waren und es wurde sorgfältig darauf geachtet, dafs nirgendwo kleine, von dem Loth nicht ausgefüllte Löcher vorhanden waren; diese würden leicht Schlupfwinkel für Gase oder andere Körper bilden, welche den Inhalt der Röhre bei den Bestrahlungsversuchen hätten verunreinigen können. Nach dem Poliren wurde die Röhre inwendig galvanisch vergoldet und darauf frisch polirt. Auf der einen Seite ist die Röhre durch eine 0,6 cm dicke, gut polirte Steinsalzplatte D und auf der anderen durch eine polirte und vergoldete Messingplatte E luftdicht verschlossen. Anfänglich glaubte ich einen luftdichten Verschlufs dadurch erreichen zu können, dafs die Platten mittelst zweier Ueberfangsschrauben F und G gegen die gut abgeschliffenen und eingefetteten Ränder der Röhre gedrückt

wurden. Dieser Verschluſs erwies sich aber bald als unsicher und war auch deshalb nicht empfehlenswerth, weil schon geringe Mengen von Fett unter Umständen sehr störend wirken können. Es wurden deshalb beide Platten immer warm aufgekittet.

Die Art und Weise, wie dieſs geschah, und namentlich die Behandlung der Steinsalzplatte möchte ich etwas ausführlich mittheilen. Soll der Apparat zusammengesetzt werden, so wird derselbe, nachdem alle Stäubchen im Innern möglichst gut entfernt sind, am besten in dem aufsteigenden, warmen Luftstrom eines brennenden Zimmerofens so weit angewärmt, daſs der aus einer Mischung von Wachs, Colophonium und altem Kautschuk bestehende, auf die Ränder der Röhre aufgetragene Kitt gut flüssig geworden ist. Die Messingplatte und die natürlich vorher polirte Steinsalzplatte werden ebenfalls über dem Ofen angewärmt, wobei die Vorsicht zu gebrauchen ist, daſs die Steinsalzplatte nicht ohne eine Unterlage von mehrfach zusammengefaltetem, vorher gut getrocknetem Flieſspapier auf dem über dem Ofen befindlichen Drahtgitter zu liegen kommt; sonst springt die Platte sehr leicht, und ist das Papier nicht sehr trocken, so condensirt sich die aus demselben entweichende Feuchtigkeit auf der Steinsalzplatte und verursacht, daſs letztere matt wird. Ist nun alles warm genug, so nimmt man mit einer Korkzange die Röhre und die Messingplatte vom Ofen weg und setzt erstere auf die horizontal gelegte Platte in richtiger Stellung auf. Dann wird auch die Steinsalzplatte mit ihrer Papierunterlage vom Ofen entfernt und nachdem man sie mit zwei Fingern gefaſst hat, rasch auf die noch nicht geschlossene obere Seite der Röhre gelegt; mit einem warmen Wattebausch drückt man dann die Platte gut auf. Die Kittmenge, die zur Verwendung kommt, muſs möglichst gering sein; Luftbläschen dürfen natürlich nicht zwischen der Platte und dem Röhrenrand vorhanden sein, aber es darf auch beim Aufdrücken der Platte keine nennenswerthe Kittmenge in die Röhre hineingepreſst werden. Nach einigen, vielleicht miſsglückten Versuchen bekommt man die nöthige Fertigkeit und

bringt dann eine saubere Kittung leicht zu Stande. Ich habe im letzten Jahr immer dieselbe Steinsalzplatte gebraucht; trotzdem dieselbe öfters abgenommen und wieder aufgekittet wurde, ist sie noch eben so fehlerfrei wie zu Anfang. Die Politur der Platte hält sich namentlich im Winter sehr lange; allerdings waren die von mir untersuchten Gase bei den definitiven Versuchen nie so feucht, dafs ich jemals eine Condensation von Wasserdampf auf der Platte und ein dadurch erzeugtes Mattwerden derselben nach dem Trocknen beobachtet hätte. Soll der Apparat zu irgend einem Zweck auseinander genommen werden, so erwärmt man ihn wieder am besten über einem Ofen so weit, dafs der Kitt weich wird und nimmt dann die Steinsalzplatte mit den Fingern vorsichtig ab. Die warme Platte läfst man langsam auf einem Stück getrockneten Papier abkühlen und giebt Acht, dafs dieselbe nicht in Berührung kommt mit einem kalten, guten Wärmeleiter. Um sie von dem anhängenden Kitt zu befreien, legt man sie nach dem Erkalten in absoluten Alkohol und wischt den Kitt mit alter Leinwand ab. Nach dem Trocknen hat ihre Politur nur wenig gelitten, und es genügt, dafs man dieselbe mittelst etwas Zinnasche auf einer mit alter Leinwand überzogenen Glasplatte aufpolirt; dabei ist zu beachten, dafs die kalte Steinsalzplatte nicht mit den bloſsen, sondern immer mit mit Kautschuk überzogenen Fingern angefafst werden darf; sonst condensirt sich leicht Feuchtigkeit auf derselben und die Platte wird nachher matt.

Auf der Seite, wo sich die Steinsalzplatte befindet, trägt die Röhre in 0,5 cm Entfernung von der Platte einen kreisrunden polirten Messingschirm H von 16 cm Durchmesser; derselbe kann bequem auf- und abgeschraubt werden; zwischen ihm und der Steinsalzplatte kann die Luft frei circuliren, damit keine Wärme durch Leitung von der vor dem Schirm aufgestellten Quelle in den Apparat gelange. Der Zweck dieses Schirmes ist, Strahlen, welche von der Wärmequelle kommen und von aufsen auf die Röhre fallen und diese unnöthigerweise erwärmen würden, zurückzuhalten; durch eine centrale kreisförmige Oeffnung im Schirm

gelangen die Strahlen, welche in das in der Röhre enthaltene Gas eindringen sollen, zum Apparat, sobald diese Oeffnung durch Zurückschlagen des Schiebers J frei gemacht wird.

Die Durchbohrung des Ansatzröhrchens B und des zugehörigen Hahnes ist so eng wie möglich; dagegen mufs die Durchbohrung von C etwas weiter sein, weil dieselbe die Verbindung des Absorptionsapparates mit dem Manometer darstellt, und die Bewegung des Gases in den Verbindungsstücken nicht zu sehr gehemmt werden darf, wenn die im Apparat stattfindenden Druckänderungen vom Manometer richtig wiedergegeben werden sollen. Das Drehen der Hähne geschieht nicht direct mit der Hand, sondern, um eine durch Berührung mit der Hand entstehende Temperaturerhöhung des Apparates zu vermeiden, mittelst eines ziemlich langen Schlüssels.

Zum Dichten der Hähne, sowie von allen anderen Schliffen bediene ich mich eines Schmiermittels, welches sich in jeder Hinsicht ganz vorzüglich bewährt hat und geradezu unentbehrlich geworden ist. In der oben citirten Abhandlung des Hrn. Heine ist mitgetheilt, dafs das fast allgemein für Hähne und Schliffe gebrauchte, aus Wachs und Knochenöl zusammengesetzte Fett zu den Versuchen über Absorption von Wärme durch Gase nicht verwendet werden kann, weil auch die kleinste Menge desselben Dämpfe entwickelt, die wahrscheinlich aus dem Knochenöl stammen und so stark absorbiren, dafs die Absorption von trockener, aber nicht von Kohlensäure befreiter atmosphärischer Luft nach einem dreizehnstündigen Verweilen im Apparat in Folge jener Dämpfe um nicht weniger als 23 Proc. zugenommen hatte. Reines Schweineschmalz erwies sich als brauchbarer, indessen fand ich, dafs auch dieses bei längerem Stehen des Apparates merkliche Mengen von absorbirenden Dämpfen erzeugte. Da mir selbstverständlich sehr viel daran gelegen war, um bei einer so subtilen Untersuchung, wie die vorliegende, von dieser lästigen, schwer controlirbaren Fehlerquelle frei zu werden, suchte ich nach einem besseren Schmier-

mittel; nach längerer Zeit und vielem Probiren kam ich auf den Gedanken, möglichst reines Wachs mit reinstem Vaseline zusammen zu schmelzen. Dieses in jeder gewünschten Consistenz leicht herstellbare Hahnfett entspricht nun in der That allen Anforderungen. Die so störende Bildung von absorbirenden Dämpfen scheint gar nicht vorhanden zu sein, denn selbst nach tagelangem Stehen des Apparates mit verschlossenen Hähnen zeigte sich der aus reiner Luft oder aus reinem Wasserstoff bestehende Inhalt in Bezug auf Absorption als vollständig unverändert. Auch ist eine Verharzung des Fettes, sowie eine Oxydation der damit eingeriebenen Metalltheile nicht möglich; Glashähne, die vor länger als 2 Jahren mit diesem Schmiermittel eingefettet wurden, sind heute noch ebenso leicht beweglich und absolut dicht wie damals *). Ich habe geglaubt, in Anbetracht der praktischen Bedeutung dieser scheinbar geringfügigen Sache etwas länger bei derselben verweilen zu dürfen und fahre nun mit der Beschreibung des Apparates fort.

Das Ansatzstück C ist mittelst zweier Flantschen und einer Ueberfangschraube in leicht ersichtlicher Weise mit einer dickwandigen, ungefähr 0,2 cm weiten Glasröhre K, die bei K rechtwinkelig nach rückwärts umgebogen ist, verbunden; die Dichtung geschieht durch eine dünne, mit Wachs und Vaseline eingefettete Lederscheibe. Diese Röhre führt zunächst zu einem angeschmolzenen Dreiweghahn und von diesem zu zwei Schenkeln, von denen der eine, horizontal verlaufende, mit der Marey'schen Trommel, der andere, vertical abwärts gerichtete durch einen Kautschukschlauch mit einer kleinen, mit Glycerin gefüllten Waschflasche in Verbindung steht. Je nach der Stellung des Dreiweghahns kann also der Inhalt des Absorptionsapparates mit der Marey'schen Trommel oder mit dem durch die Waschflasche in

*) Ich meine mich zu erinnern, dafs das Wachs-Vaseline-Fett auch von anderer Seite, allerdings erst nachdem ich dasselbe schon einige Zeit angewendet hatte, empfohlen worden ist; ich habe aber vergessen, wo die betreffende Notiz steht.

die Atmosphäre führenden Weg verbunden werden. Bei der Wahl der Dimensionen der Glasröhre waren folgende Ueberlegungen maſsgebend : die Weite der Röhre darf einerseits nicht zu gering genommen werden, weil sonst die mitunter rasch verlaufenden Druckänderungen im Absorptionsapparat nicht ungehindert zum Manometer fortgepflanzt werden können, andererseits soll dieselbe nicht so weit sein, daſs sie eine beträchtliche, der Bestrahlung nicht ausgesetzte und deshalb gewissermaſsen als todte Masse wirkende Gasmenge enthält. Die Länge der Röhre muſs so groſs sein, daſs das darin enthaltene Gas den Inhalt des Apparates von der mit Zimmerluft gefüllten Marey'schen Trommel so gut isolirt, daſs sowohl durch Diffusion als durch die vorkommenden Druckschwankungen eine Verunreinigung des im Absorptionsapparat eingeschlossenen Gases mit Zimmerluft nicht stattfinden kann. Diesen Anforderungen glaube ich gerecht geworden zu sein, indem ich der Röhre eine Weite von ungefähr 0,2 cm und eine Gesammtlänge, gerechnet von C bis zur Trommel, von 33 cm gegeben habe.

Die Verbindung der Glasröhre mit der Marey'schen Trommel ist durch ein Stück einer dickwandigen Kautschukröhre hergestellt. Eine Verunreinigung des in den Absorptionsapparat einzuführenden Gases kann durch diese, sowie durch die am verticalen Schenkel der Glasröhre befestigte Kautschukröhre nicht stattfinden, da, wie unten ausführlich mitgetheilt werden soll, das Gas immer bei B in A eintrat und folglich erst nach dem Durchstreichen durch A mit jenen entfernt liegenden Kautschukröhren in Berührung kam.

Eine Beschreibung der Marey'schen Trommel, sowie des damit verbundenen Knoll'schen Pantographen halte ich mit Rücksicht auf die darüber in der citirten Heine'schen Abhandlung, sowie auch an anderen Orten gemachten Mittheilungen für überflüssig; ich möchte aber erwähnen, daſs eine oftmals wiederholte Calibrirung der Trommelmembran ergab, daſs eine Erhebung der Hebelspitze von 1,0 cm einer Druckerhöhung von ungefähr 1,5 cm Wasser entspricht; je nach der Spannung der Membran findet man das eine Mal etwas

mehr, das andere Mal etwas weniger, aber immer sehr wenig von dem angegebenen Verhältnifs abweichende Werthe. Von Interesse ist noch die Angabe der Erhebung der Spitze, welche einer Temperaturzunahme von einem Grad des im Absorptionsapparat eingeschlossenen Gases entspricht. Dieser Werth läfst sich nicht aus dem oben gefundenen Verhältnifs der Erhebung der Spitze zur stattfindenden Druckerhöhung mit Hülfe des Gay-Lussac'schen Gesetzes berechnen; denn man müfste dazu voraussetzen, dafs das Volumen des Gases sich durch die Erwärmung nicht vergröfsere, was thatsächlich nicht der Fall ist, da gleichzeitig mit der Druckerhöhung eine Ausbauchung der Membran, folglich eine Volumenvermehrung verbunden ist. Auf directem Wege, durch Erwärmung des Absorptionsapparates in einem Wasserbad von ungefähr 25° fand ich, dafs eine Temperaturerhöhung von einem Grad des Gases im Apparat ein Steigen der Hebelspitze von ungefähr 0,6 cm zur Folge hat. Wenn man beachtet, dafs eine Differenz in der Stellung der Hebelspitze, die 0,01 cm beträgt, noch sehr wohl beim Betrachten oder beim Ausmessen der erhaltenen Bestrahlungscurven beobachtet werden kann, so kommt man zu dem Resultat, dafs namentlich eine plötzliche Temperaturänderung des eingeschlossenen Gases von 0,02° noch gut zu erkennen ist.

Die Bestrahlung geschah meistens durch die Flamme eines Bunsen'schen Brenners L, die in einer Entfernung von ungefähr 3,5 cm von der Steinsalzplatte brannte. Bei den Vorversuchen hatte sich nämlich ergeben, dafs die Strahlen dieser Flamme relativ stark von Wasserdampf und von Kohlensäure absorbirt werden und dafs die Strahlung von Versuch zu Versuch sich nicht merklich ändert, wenn dafür gesorgt wird, dafs der Druck des Leuchtgases ungefähr gleich bleibt. Aufserdem hatte sich aber herausgestellt, dafs es durchaus erforderlich ist, die Flamme mit einem inwendig berufsten, auswendig durch kaltes Wasser abgekühlten Blechcylinder M zu umgeben. Das Nähere darüber findet man in der Heine'schen Abhandlung und ich will nur erwähnen, dafs der 4 cm weite, 25 cm lange Blechcylinder ein Flackern

der Flamme verhütet, dafs durch das Berufsen ein constant bleibendes Reflexionsvermögen der inneren Oberfläche erzielt und dafs durch das umgebende Wasser eine beträchtliche Erwärmung und eine dadurch erzeugte Strahlung des Cylinders vermieden wird. Selbstverständlich ist der Cylinder auf der dem Absorptionsapparat zugewendeten Seite mit einem passenden Ausschnitt versehen.

Der Brenner ist auf einem Tischchen N fest aufgeschraubt, welches durch Schrauben an dem Holzstativ, das in einer aus der Figur leicht ersichtlichen Weise den Absorptionsapparat trägt, befestigt wird. Dadurch wird erreicht, dafs eine Verschiebung der einzelnen Theile des Apparates gegen einander, die eine Aenderung der in den Absorptionsapparat hineingeschichten Strahlenmenge von Versuch zu Versuch zur Folge haben könnte, nicht stattfindet. Die mit der Bunsen'schen Flamme angestellten Bestrahlungsversuche sind deshalb direct unter einander vergleichbar.

Um den Druck des Leuchtgases controliren und reguliren zu können, ging das Gas, bevor es zum Brenner gelangte, durch eine mit einem Wassermanometer versehene Flasche; durch passendes Stellen des Zufluſshahnes der Gasleitung konnte man leicht den gewünschten Druck herstellen.

Vor dem Hahn des Brenners zweigt sich von der Hauptleitung ein enges Röhrchen ab, welches zu der Brennermündung führt (vgl. die Figur); durch dieses Röhrchen wird ein kleines Flämmchen gespeist, das auch bei geschlossenem Brennerhahn weiter brennt, und welches den Brenner augenblicklich anzündet, sobald durch Oeffnen dieses Hahnes das Leuchtgas zugeführt wird. Da der Schieber J bei diesen Versuchen immer zurückgeschlagen blieb, so fing die Bestrahlung des Gases an, resp. hörte dieselbe auf im Augenblick, wo der Brennerhahn geöffnet resp. geschlossen wurde. Es empfiehlt sich dieses einfache Verfahren deshalb, weil dadurch erreicht wird, dafs die Bestrahlung plötzlich anfängt resp. aufhört, ohne dafs eine beträchtliche Erwärmung des Apparates durch unnöthig langes Brennen der Flamme zu befürchten wäre.

Aufser der Bunsen'schen Flamme kamen als Wärmequellen bei den definitiven Versuchen noch eine Knallgaslampe, ein Glaskolben mit siedendem Anilin, ein Glaskolben mit siedendem Wasser und ein Bechergas mit Kältemischung zur Verwendung. Dieselben wurden, nachdem der Bunsen'sche Brenner mit seinem Tischchen entfernt war, so dicht wie möglich vor der Mitte des Absorptionsapparates aufgestellt. Die Entfernung des weifsglühenden Kalkcylinders von dem Schirm H betrug immer ungefähr 6 cm, und die circa ein Liter haltenden Glaskolben berührten beinahe diesen Schirm.

Auf eine Constanz der Strahlung von der Knallgaslampe von einem Versuch zum anderen habe ich verzichten müssen; deshalb sind die einzelnen Versuche mit dieser Bestrahlungsart in Bezug auf die Gröfse der erzeugten Erwärmung des eingeschlossenen Gases weniger zu einer Vergleichung unter einander geeignet als die mit der Bunsen'schen Flamme angestellten. Besser vergleichbar sind aber wieder die Versuche mit Bestrahlung durch einen der beiden Glaskolben, da sowohl die Temperatur als auch die Aufstellung derselben bei allen Versuchen nahezu dieselbe war.

In allen Fällen, wo eine der vier zuletzt genannten Wärmequellen vor dem Absorptionsapparat stand, fing die Bestrahlung des Gases im Augenblick an, wo die Oeffnung in H durch rasches Zurückschlagen des Schiebers J frei gemacht wurde; dieselbe hörte auf, wenn der Schieber wieder vorgeschoben wurde.

Ich komme nun zu der Beschreibung der Art und Weise, wie die zu untersuchenden Gase hergestellt und in den Absorptionsapparat geführt wurden. Es handelte sich bei den definitiven Versuchen namentlich darum, die Gase : Luft, Wasserstoff, Mischungen von Luft resp. Wasserstoff mit Wasserdampf und endlich Luft mit ihrem in der Atmosphäre vorkommenden Gehalt an Kohlensäure in reinem Zustand zu erhalten und dieselben, ohne dafs dabei eine Verunreinigung stattfindet, in den Apparat zu bringen.

Die atmosphärische Luft wurde aus dem Freien genommen

und in ein vorher gut gereinigtes kupfernes Gasometer gebracht. Frisches Regenwasser trieb diese Luft aus dem Gasometer in die Reinigungsapparate, welche in der Reihenfolge aufgeführt, in welcher die Luft dieselben durchstrich, folgende waren : eine 15 cm lange mit reiner Baumwolle gefüllte Glasröhre, die den Zweck hatte, Staubtheilchen zurück zu behalten; eine kleine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Waschflasche, worin die eventuell in der Luft noch vorhandenen Mengen von Ammoniak und Ammoniaksalzen zurück bleiben sollten; ein Geifsler'scher Kaliapparat mit concentrirter Kalilösung zur Absorption der Kohlensäure; eine U förmige Chlorcalciumröhre und eine 60 cm lange, 1 cm weite, mit Phosphorpentoxyd gefüllte Glasröhre zum Trocknen der Luft. Das Phosphorpentoxyd wurde in fünf bis sechs durch Glaswollepfropfen von einander getrennten Abtheilungen in die Röhre gebracht; ich erzielte dadurch, wie mir aus den Versuchen mit Wasserstoff hervorzugehen schien, dafs die Gase vollständiger getrocknet wurden. Alle aus Glas bestehenden Theile dieser Apparate, sowie auch die Glaswolle, waren vorher mittelst heifser Salpetersäure, Kalilauge und destillirtem Wasser sorgfältig gereinigt.

Die Verbindung zwischen den einzelnen Apparaten wurde nicht etwa durch Kautschukröhrchen oder Korke hergestellt, da sich im Laufe der Untersuchung gezeigt hatte, dafs bei Anwendung derselben die durchstreichenden Gase, insbesondere der Wasserstoff, verunreinigt wurden. Anstatt dessen brachte ich überall Quecksilberverschlüsse an, die sich in der von mir gewählten Form als sehr zweckmäfsig erwiesen und die auch für andere Untersuchungen, bei welchen auf die Reinheit der Gase Gewicht gelegt werden mufs, empfehlenswerth sein dürften. Aus der Beschreibung der in Fig. 3 dargestellten Trockenröhren wird die Einrichtung verständlich werden. Die beiden Schenkel der Chlorcalciumröhre A sind durch je einen eingeschliffenen, mit angefeuchtetem Phosphorpentoxyd gedichteten Glasstöpsel verschlossen; die Glasstöpsel sind hohl und an ungefähr 7 cm lange, enge, gerade aufwärts gerichtete Glasröhrchen angeschmolzen. Ueber je-

des Glasröhrchen ist ein Kork geschoben, der den Boden eines 2 cm weiten und 4 cm hohen Glasgefäfschens bildet, dessen oberer Rand etwas tiefer liegt als das obere Ende der Glasröhrchen. Die gerade Phosphorpentoxydröhre B ist an ihren Enden durch eingeschliffene Glasstöpsel verschlossen; in der Nähe der Enden sind zwei vertical aufwärts gehende, enge, auch 7 cm lange Glasröhrchen angeschmolzen, die gerade so wie die der Chlorcalciumröhre mit Korken und Glasgefäfschen versehen sind. Beide Trockenröhren A und B sind auf einem verstellbaren Brettchen befestigt; die Verbindung zwischen ihnen wird durch einen mit Blei beschwerten Bügel C hergestellt, dessen weite herabhängende Schenkel in die zwei mit einander zu verbindende Glasgefäfschen eingesetzt werden; ein luftdichter Verschlufs wird durch reines Quecksilber hergestellt. In dieser Weise wurden *alle* einzelnen Theile mit einander verbunden, so dafs das Gas auf seinem Wege zum Absorptionsapparat nirgendwo mit Korken oder Kautschuk in Berührung kam. Nur an der Eintrittsstelle in diesen Apparat ist ein Glasröhrchen mit Siegellack eingekittet und auch diese Kittung hätte vermieden werden können; dieselbe blieb aber bestehen, weil ich keinen nachtheiligen Einfluſs derselben habe bemerken können. In Fig. 1 und 2 ist die Verbindung der Leitung mit dem Absorptionsapparat gezeichnet (O) und nach der gegebenen Beschreibung ohne Weiteres verständlich. Ein Bruch der Glastheile durch Verrücken kann nicht leicht vorkommen, da die Verbindungen einen gewissen Spielraum für Bewegungen frei lassen; ein weiterer Vorzug der Einrichtung liegt darin, dafs die einzelnen Verbindungen rasch gelöst und wieder hergestellt werden können.

Die Gase wurden immer bei B (Fig. 1 und 2) in den Absorptionsapparat eingeleitet; sie strichen durch denselben und das untere Röhrensystem durch und gelangten in der oben erwähnten Waschflasche in die Atmosphäre; die Waschflasche diente hauptsächlich dazu, um die Geschwindigkeit des Durchstreichens controliren zu können; es traten niemals mehr als 100 bis 120 Gasblasen in der Minute aus.

Wenn trockene, von ihrem natürlichen Gehalt an Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft in den Apparat geführt werden sollte, so durfte die Luft nicht über Wasser aufgefangen werden; an die Stelle des Gasometers wurde deshalb in diesem Fall eine Jolly'sche Quecksilberpumpe gesetzt, deren Hähne mit dem beschriebenen Wachs-Vaseline-Fett eingerieben waren; die Pumpe saugte zunächst die Luft aus dem Freien an, und trieb dieselbe darauf durch die beschriebenen Reinigungsapparate, mit Ausnahme des Kaliapparates, in den Absorptionsapparat.

Nicht geringe Schwierigkeiten hat mir die Bereitung von reinem Wasserstoff verursacht, worunter ich Wasserstoff verstehe, der in meinem Apparat untersucht, keine Spur von Absorption mehr zeigt. Anfänglich versuchte ich, denselben aus Zink und Schwefelsäure, die beide angeblich rein waren, darzustellen; aber trotzdem alle in chemischen Handbüchern empfohlenen Reinigungsmittel durchprobirt wurden, gelang es mir nicht, auf diesem Wege zum Ziel zu kommen. Die Bestrahlungscurven zeigten an den Stellen, welche dem Anfang und dem Ende der Bestrahlung entsprachen, immer kleine Erhebungen resp. Senkungen, die zwar sehr klein waren, die aber einem einigermafsen geübten Auge nicht entgehen konnten und bei reiner Luft nicht gefunden waren. Wenn nun auch diese so geringen Erhebungen bei der zum Zweck einer Bestimmung der durch Bestrahlung von feuchtem Wasserstoff entstehenden Druckerhöhung kaum eine praktische Bedeutung haben konnten, so schien es mir mit Rücksicht auf eine andere Frage nöthig, zu untersuchen, ob der Wasserstoff sich bei der Bestrahlung wirklich anders verhält als Luft. Es wäre nämlich denkbar, dafs die erwähnte Erscheinung nicht einer Absorption, sondern einer der physikalischen Eigenschaften, durch welche der Wasserstoff sich von Luft unterscheidet, zugeschrieben werden müfste; in diesem Fall hätte der auf Seite 61 besprochene Einwand 3b eine wenn auch nur sehr schwache Stütze gewonnen.

Ich fing deshalb an, den Wasserstoff auf elektrolytischem Wege aus mit reiner Schwefelsäure angesäuertem Wasser

zu erzeugen; erst dieser Wasserstoff verhielt sich wie Luft, nachdem er in einem mit reinem, auf 0° abgekühltem Wasser gefüllten Kaliapparat gewaschen war, und in den beschriebenen Trockenröhren, zu welchen noch eine zweite Phosphorpentoxydröhre hinzugefügt werden mufste, seinen Wasserdampf abgegeben hatte. Ich war aber genöthigt, ihn vier, fünf, ja sechs Stunden lang, so langsam als möglich durch die Apparate zu leiten, wenn ich sicher sein wollte, dafs aller Wasserdampf in der Trockenröhre zurückblieb, und dafs keine fremden Bestandtheile auf dem Wege zum Absorptionsapparat mehr aufgenommen werden konnten. So lange noch irgendwo auf diesem Wege Kautschuk- oder Korkverbindungen vorhanden waren, habe ich überhaupt keinen reinen Wasserstoff im Apparat gehabt.

Mischungen von reiner Luft mit Wasserdampf wurden in folgender Weise erhalten. Aus dem Freien genommene atmosphärische Luft wurde aus dem Gasometer zuerst durch die drei ersten vorhin genannten Reinigungsapparate (Röhre mit Baumwolle, Flasche mit verdünnter Schwefelsäure und Kaliapparat) geleitet und gelangte dann in zwei hinter einander aufgestellte, mit reinem Wasser gefüllte Geifsler'sche Kaliapparate, wo die Sättigung der Luft mit Wasserdampf stattfand. Dieses Wasser war mehrmals sorgfältig destillirt, dann lange Zeit ausgekocht und heifs in die vorher gut gereinigten Kaliapparate eingegossen. Beide Kaliapparate tauchten so tief, wie nur möglich, in eine grofse Glasschale, welche mit Wasser oder meistens mit Eis gefüllt war; die Temperatur dieses Bades wurde durch Thermometer bestimmt und während des Durchleitens der Gase möglichst constant erhalten. Die letzte Kugel des zweiten Kaliapparates blieb leer und trocken, damit die Luft, welche aus demselben heraus kam, auch wirklich bei der Temperatur des Bades, die immer tiefer war als die der Umgebung und des Absorptionsapparates, gesättigt sei. Taucht man die beiden Apparate nicht tief genug in das Wasserbad und gebraucht nicht die soeben angegebene Vorsichtsmafsregel, so kann es leicht vorkommen, dafs die Luft kurz vor dem Austritt aus dem

letzten Kaliapparat in Berührung kommt mit einer zufällig feucht gewordenen, aus dem Bade herausragenden und deshalb wärmeren Stelle und folglich mehr Wasserdampf mitführt, als der Temperatur des Bades entspricht.

Bei einigen Controlversuchen wurde die durch die beiden mit Wasser gefüllten Kaliapparate gegangene Luft noch durch eine mit feuchter, gut ausgekochter Baumwolle gefüllte Glasröhre geschickt, die ebenfalls auf die Temperatur des Bades abgekühlt war. Da nach dieser Aenderung der Versuchsanordnung die absorbirte Wärmemenge nicht gröfser ausfiel als zuvor, so darf man annehmen, dafs die Luft sich beim Durchstreichen durch die beiden Kaliapparate vollständig mit Wasserdampf sättigte.

Bei einer anderen Versuchsreihe war die Luft, bevor sie in die beiden Kaliapparate eintrat, durch die Trockenröhren gegangen; da auch jetzt dieselbe Menge von Strahlen absorbirt wurde, so ist damit bewiesen, dafs die Luft, die bei der zuerst beschriebenen Anordnung vielleicht feuchter in die Wasser enthaltenden Kaliapparate eintrat als austrat, immer mit soviel Wasserdampf das Absorptionsgefäfs erreichte, als der Temperatur des Bades entsprach.

Schliefslich ordnete ich die Reinigungsapparate bei einigen Versuchen so an, dafs nach dem mit Kali gefüllten Apparat die beiden mit Wasser gefüllten Apparate und dann die Trockenröhren kamen. Die auf diesem Wege durchgeleitete Luft zeigte bei der Bestrahlung keine Spur von Absorption, woraus man wohl schliefsen darf, dafs die Luft beim Durchgang durch das Wasser keine verunreinigenden Gase aufnahm; was übrigens auch nicht zu erwarten war, da nur reines, gasfreies Wasser verwendet wurde.

Die Verbindung von dem zweiten mit Wasser gefüllten Kaliapparat mit dem Absorptionsapparat wurde durch eine bügelförmige, der Röhre C in Fig. 3 ähnliche, aber viel längere Glasröhre hergestellt, in welcher die gesättigte Luft wieder die Temperatur des Zimmers annahm und von eventuell mitgerissenen Theilchen flüssigen Wassers befreit werden konnte. Zu diesem Zweck bestand der eine Schenkel

aus einer 1 cm weiten, 25 cm langen, mit gereinigter Glaswolle fest vollgestopften Glasröhre und war der horizontale Theil 0,3 cm weit und 100 cm lang; in der Nähe der Verbindungsstelle dieser beiden Theile war die enge Röhre von einem 10 cm breiten Platinblech umwickelt, welches durch eine darunter gestellte Bunsen'sche Flamme auf 300° bis 400° erwärmt wurde. Ich glaube nun nicht, dafs staubfreie, bei 0° resp. 12° gesättigte Luft, die durch einen so langen Glaswollepfropfen gegangen und auf etwa 400° erwärmt worden ist, nach ihrer Abkühlung auf ungefähr 25° noch Wasser in der Form von Bläschen oder Tröpfchen mit sich führt. Würde man aber auch diefs nicht zugeben wollen, so wäre damit noch keineswegs gesagt, dafs das Verhalten von feuchter Luft bei der Bestrahlung durch das Vorhandensein von suspendirten Wassertheilchen erklärt werden müfste : diese Erklärung ist, nach dem was darüber auf S. 63 und 67 gesagt wurde, nicht mehr zulässig.

Einige Bestrahlungsversuche wurden mit Luft angestellt, die sich über Eis von — 15° mit Wasserdampf gesättigt hatte und durch die soeben beschriebene Glasröhre in den Apparat geleitet wurde. In diesem Fall konnte von der Existenz von mitgerissenen Wassertheilchen doch wohl kaum die Rede sein; aufserdem sind die Versuche recht geeignet, um in Verbindung mit den zuletzt besprochenen die Abnahme der Absorption mit dem Wasserdampfgehalt der Luft zu zeigen. An einem kalten Winterabend des vorigen Jahres wurde eine vorher gut durchkältete Glasröhre, welche wie die oben beschriebene Phosphorpentoxydröhre eingerichtet war, im Freien vorsichtig mit frisch gefallenem Schnee von etwa — 6° gefüllt. Um ein Schmelzen des Schneees zu verhüten, geschah das Einfüllen nicht direct mit der warmen Hand, sondern mit einem kalten Schäufelchen und einer kalten Glasstange. An den Enden der Röhre, ziemlich weit von den Ansatzröhrchen entfernt, wurden kalte Pfropfen von Glaswolle aufgesetzt, so dafs die Luft, die nachher langsam durchstrich, sich erst gehörig abkühlen konnte, bevor sie mit Schnee in Berührung kam. Keine Spur von Schnee kam in die Ansatz-

röhrchen hinein. Die so vorbereitete Röhre wurde nun in eine mit Kältemischung gefüllte Bleirinne gelegt und nach einiger Zeit mit diesem Bade in das Beobachtungszimmer gebracht. Hier war vorher Alles zum Versuch vorbereitet, so dafs blofs die Schneeröhre eingeschaltet zu werden brauchte, um mit dem Durchleiten von Luft sofort beginnen zu können. Die Luft, welche in die Röhre eintrat, war durch sämmtliche beschriebene Reinigungsapparate gegangen und war somit vollständig trocken und frei von Kohlensäure. Da das Durchleiten mehrere Stunden dauerte, so mufste selbstverständlich die Kältemischung durch Ablassen des Schmelzwassers und durch Aufschütten von frischem Schnee und Salz erneuert werden; dabei blieb aber die Temperatur von -15^0 ungefähr constant.

Der elektrolytisch hergestellte Wasserstoff wurde in derselben Weise und mit Anwendung derselben Vorsichtsmafsregeln mit Wasserdampf gesättigt, wie die Luft.

---

§ 6. Ich komme jetzt zu der Mittheilung der Bestrahlungsversuche, welche mit den beschriebenen Apparaten angestellt wurden und als definitive bezeichnet werden können.

Bei allen Versuchen blieb das Verfahren, durch welches die Druckänderungen des bestrahlten Gases gemessen wurden, gleich: Nachdem das zu untersuchende Gas so lange durch den Absorptionsapparat geströmt hatte, dafs man auf Grund von Vorversuchen über die Reinheit desselben Gewifsheit hatte, wurde der Hahn B (Fig. 1 und 2) geschlossen und durch Drehen des zwischen dem Absorptionsapparat und der Marey'schen Trommel liegenden Dreiweghahnes um 90^0 die Verbindung zwischen diesen Apparaten hergestellt. Auch das kleine Hähnchen der Trommel wurde geschlossen, so dafs der Inhalt des Apparates vollständig von der äufseren Luft abgeschlossen war. Darauf wurde der Schreibstift des Hebels der Marey'schen Trommel gegen den mit berufstem Glanzpapier überzogenen Cylinder des Pantographen gedrückt und das vorher immer vollständig aufgezogene Uhrwerk des-

selben in Gang gesetzt. Nach einer ganzen Umdrehung des Cylinders, die ungefähr 50 Secunden dauerte, sorgte man dafür, dafs durch Oeffnen des Brennerhahnes, oder bei Anwendung anderer Strahlenquellen durch Zurückschlagen des Schiebers J (Fig. 1 und 2) die Bestrahlung des Gases anfing; nach einer weiteren halben Umdrehung wurde die Bestrahlung unterbrochen und schliefslich, nachdem der Cylinder im Ganzen zwei Umdrehungen gemacht hatte, das Uhrwerk arretirt und der Schreibstift von dem Cylinder entfernt.

Die während der ersten Umdrehung geschriebene Curve möchte ich zur Unterscheidung von der darüber liegenden die Nullcurve nennen. Von ihr aus werden die durch Bestrahlung erzeugten Ueberdrücke des Gases, die Erhebungen des Hebels, gemessen; aufserdem giebt dieselbe zu erkennen, ob während der Zeit einer Umdrehung des Cylinders der Barometerstand oder die Temperatur des Absorptionsapparates sich merklich geändert haben oder nicht; fällt nämlich das Ende dieser Curve mit ihrem Anfang zusammen und hat die Curve auf dem abgewickelten Papier die Gestalt einer geraden Linie, so haben keine derartige Aenderungen stattgefunden; liegt dagegen das Ende höher oder tiefer als der Anfang, so haben sich Barometerstand und Temperatur geändert und man wird, wenn grofse und besonders wenn unregelmäfsige Aenderungen vorgekommen sind, den ganzen Versuch verwerfen; waren aber diese Aenderungen nur gering und stetig verlaufend, so darf man wohl annehmen, dafs auch während der sofort auf die erste folgenden zweiten Umdrehung des Cylinders Barometerstand und Temperatur sich in derselben Weise und um denselben Betrag geändert haben werden. Die durch Bestrahlung erzeugte Druckerhöhung wird deshalb doch richtig bestimmt, wenn man nur die Entfernung der während der zweiten Umdrehung geschriebenen Curve von der Nullcurve um die Höhendifferenz zwischen Anfang und Ende der Nullcurve vergröfsert oder verkleinert, je nachdem dieser Anfang höher oder tiefer liegt als das Ende. In dieser Weise kann man die während der kurzen Dauer eines Versuches in der äufseren Luft statt-

findenden Druck- und Temperaturvariationen in Rechnung ziehen, ohne dafs es nöthig wäre, durch complicirte Vorrichtungen die Apparate gegen derartige Einflüsse zu schützen.

Auf jedem der auf dem Cylinder aufgespannten Papierstreifen konnten mehrere Curven gezeichnet werden; war der Streifen mit Curven bedeckt, so wurde er vom Cylinder entfernt und der Rufs mittelst Schellacklösung fixirt.

Die Ausmessung der Curven geschah erst nachdem *alle* definitiven Versuche beendigt waren und zwar in folgender Weise. Das betreffende Curvenblatt wurde auf einen Tisch gelegt; mit Hülfe eines in halbe Millimeter getheilten Mafsstabes von Messing wurde dann unter einer an einem Stativ befestigten Lupe von 4- bis 5facher Vergröfserung der Abstand der während und nach der Bestrahlung geschriebenen Curve von der Nullcurve an fünf äquidistanten Stellen gemessen; dabei wurden Zehntel von halben Millimetern geschätzt, was nach einiger Uebung mit genügender Sicherheit ausgeführt werden konnte. Ich habe diese einfache Art der Messung einer anderen, vielleicht genaueren, aber dann auch complicirteren vorgezogen, hauptsächlich weil eine genauere Messung mit Rücksicht auf die zwischen den einzelnen Versuchsresultaten vorkommenden Differenzen überflüssig gewesen wäre. Die fünf Abstände wurden an den folgenden Stellen gemessen (Vgl. Fig. 7) : 1) kurz vor Anfang der Bestrahlung; 2) nach Ablauf der halben Bestrahlungszeit; diese Stelle lag bei allen Curven ungefähr 7,5 cm von der ersten; 3) kurz vor Ende der Bestrahlung, 7,5 cm von der vorigen Stelle entfernt; 4) einige Zeit nach Ende der Bestrahlung und zwar um 7,5 cm weiter auf der Nullcurve als die dritte Stelle und endlich 5) am Ende der Curven um 7,5 cm weiter als 4).

Bezeichnet man diese Abstände mit a_1, a_2, a_3, a_4 und a_5, so ist die Differenz $a_5 - a_1$ ein Mafs für die durch Bestrahlung erzeugte, am Ende eines vollständigen Bestrahlungsversuches vorhandene Erwärmung des ganzen Absorptionsapparates. Diese noch während längerer Zeit nach Unterbrechung der Bestrahlung nahezu unverändert bestehen bleibende Differenz

möchte ich die *permanente* Druckzunahme nennen. Dieselbe ist bei gleich bleibender Bestrahlung und bei Anwendung desselben Absorptionsapparates nicht merklich verschieden für verschiedene Gase, mögen diese zu den absorbirenden gehören oder nicht.

Die Differenz $a_3 - a_5$ stellt die Gröfse der Druckzunahme des Gases dar, welche eine Folge ist von der directen Absorption von Wärme durch das Gas; findet man bei einem Versuch $a_3 - a_5 = 0$, so heifst das, dafs das betreffende Gas nicht zu den merklich absorbirenden gehört. Da diese Druckzunahme bald nach Unterbrechung der Bestrahlung verschwindet, möchte ich sie die *temporäre* Druckabnahme nennen. Auf die Bestimmung dieser Gröfse kommt es hauptsächlich an, und habe ich deshalb diese Druckänderung auch noch mit Hülfe der Werthe von a_1, a_2 und a_5 berechnet; nimmt man nämlich an, was durch die Versuche bestätigt wird, dafs schon nach Verlauf der halben Bestrahlungsdauer das Gleichgewicht zwischen der vom Gas direct absorbirten und der von demselben abgegebenen Wärmemengen eingetreten ist, dafs mit anderen Worten die temporäre Druckzunahme schon zu dieser Zeit in voller Gröfse sich ausgebildet hat, und berücksichtigt man, dafs a_2 in der Mitte zwischen Anfang und Ende der Bestrahlung gemessen wurde, so ergiebt eine einfache Ueberlegung, dafs diese Druckänderung auch gefunden wird durch Berechnung des Ausdruckes:

$$a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}.$$

Die Messung von a_4 dient mehr zur Controle; fallen nämlich a_4 und a_5 sehr verschieden aus, so haben sich Temperatur und Druck der äufseren Luft unregelmäfsig geändert und es ist der betreffende Versuch zu verwerfen.

Mit Rücksicht auf die meistens sehr gute und deshalb vielleicht etwas auffällige Uebereinstimmung, die die später mitzutheilenden Zahlen aufweisen, ist es wohl nicht überflüssig, wenn ich erwähne, dafs die Messung der beiläufig 250 Curven in der Weise vorgenommen wurde, dafs zuerst die Abstände am Anfang und am Ende *aller* Curven und

darauf die drei übrigen Abstände bei *allen* Curven bestimmt wurden. Ein Gehülfe schrieb die von mir abgelesenen Zahlen auf und nachher hat bei keiner Curve eine willkürliche Aenderung oder Verbesserung der erhaltenen Zahlen stattgefunden.

Versuche mit reinem Wasserstoff. Die Anzahl von Versuchen, die ich mit Wasserstoff anstellte, ist ungemein grofs, da es mir, wie oben schon mitgetheilt, anfänglich nicht gelingen wollte, reinen Wasserstoff zu erhalten. Auch selbst nachdem ich nur noch elektrolytischen Wasserstoff verwendete und trotzdem derselbe geradezu Tage lang Bläschen für Bläschen durch den Apparat geleitet wurde, bekam ich bei den ersten Versuchen noch immer Spuren von Absorption. Es ergab sich, dafs die Verunreinigung von Wasserdampf herrührte, der schwer von dem Wasserstoff zu trennen ist. Durch Abkühlung der Waschflasche auf 0^0 und unter Anwendung von zwei in Abtheilungen gefüllten Phosphorpentoxydröhren erhielt ich erst einen Wasserstoff, der bei Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme keine Spur von Absorption mehr zeigte.

Was ich unter einer Spur von Absorption verstehe, kann durch eine Figur nicht wieder gegeben werden; die betreffende Erhebung resp. Senkung, welche die Originalcurve an Stellen, die dem Anfang resp. dem Ende der Bestrahlung entsprechen, aufweist, ist so gering (beträgt nur Bruchtheile von einem Zehntel Millimeter), dafs sie nur von einem sehr geübten Auge entdeckt werden kann, welches schräg auf die Curve sieht, so dafs dieselbe mit der Gesichtslinie einen sehr kleinen Winkel bildet.

Da in dieser Abhandlung nur die definitiven Versuche und nicht etwa auch die Vorversuche ausführlich besprochen werden sollen, so gebe ich auch nur an, wie die Füllung des Absorptionsapparates mit *reinem* Wasserstoff jedesmal geschah. Im Falle, dafs bei den Versuchen, welche einer Versuchsreihe mit Wasserstoff vorausgingen, absorbirende Gase im Apparat eingeschlossen waren, wurden diese zuerst durch einen mehrstündigen Strom von reiner Luft

möglichst gut entfernt; dann liefs ich reinen Wasserstoff durchströmen und untersuchte von Zeit zu Zeit durch Bestrahlung des Gases, ob dasselbe genügend rein war; diefs war meistens nach einem zwei- bis dreistündigen Durchleiten erreicht. Nach Beendigung des ersten Bestrahlungsversuches wurde dann nochmals während einer oder mehr Stunden Wasserstoff eingeleitet und nach Ablauf dieser Zeit wiederum ein Bestrahlungsversuch angestellt u. s. w.

In Fig. 4 ist eine der durch Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme erhaltenen Curven wiedergegeben; dieselbe ist der Hauptsache nach schon auf Seite 65 beschrieben worden und will ich nur noch Folgendes hinzufügen. Die untere Curve ist die Nullcurve, Anfang und Ende derselben liegen auf der linken Seite der Zeichnung und fallen nicht genau zusammen. (Vgl. S. 84.) Die Stelle a der oberen Curve entspricht dem Anfang, die Stelle b dem Ende der Bestrahlung; an keiner der beiden Stellen ist eine Krümmung der Curve, welche auf das Vorhandensein von Absorption hinweist, zu bemerken. Die Druckzunahme steigt während der Bestrahlung der Dauer der letzteren proportional und eine temporäre Druckzunahme ist nicht vorhanden.

Die Messung einiger Curven ergab für die permanente Druckzunahme $a_5 - a_1$ folgende Werthe in mm : 0,35; 0,30; 0,45; 0,45; 0,30; 0,35; 0,30; 0,35; 0,40; 0,40; 0,30; 0,40.

Aus diesen Zahlen geht hervor, dafs die Erwärmung des gesammten Absorptionsapparates durch die Bunsen'sche Flamme sehr gering ist, wie es ja gewünscht wurde; zweitens dafs Versuche, welche um einige Monate auseinander liegen, dieselben Resultate liefern, was für die Zuverlässigkeit der Methode und die sichere Aufstellung der Apparate spricht.

Die Bestrahlung von reinem Wasserstoff durch die Knallgaslampe lieferte ähnliche Resultate. In Fig. 5 ist eine so erhaltene Bestrahlungscurve dargestellt; die Buchstaben a und b bezeichnen wieder die Stellen des Anfangs und der Unterbrechung der Bestrahlung. Dafs das Ende der Nullcurve beträchtlich höher liegt als der Anfang, rührt daher, dafs die dicht vor dem Absorptionsapparat aufgestellte Lampe,

schon während die Nullcurve geschrieben wurde, brennen mufste und dadurch eine nicht unbeträchtliche Erwärmung des Absorptionsapparates verursachte. Zeichen, die auf eine directe Absorption von Wärme durch den Wasserstoff hindeuten, sind nicht vorhanden; es ist die mittlere Temperatur des Wasserstoffs in jedem Augenblick der mittleren Temperatur des Apparates gleich, es ist mit anderen Worten die temporäre Druckzunahme auch bei dieser viel intensiveren Bestrahlung nicht merklich von Null verschieden. Die permanente Druckzunahme beträgt 2,6 mm; daraus darf man wohl schliefsen, dafs die Wärmemenge, welche in einer gewissen Zeit von der Knallgaslampe in den Absorptionsapparat hineingeschickt wurde, ungefähr 6- bis 7 mal so grofs ist als die von der Bunsen'schen Flamme.

Bei den besprochenen Versuchen kam es einige Male vor, dafs der mit Wasserstoff gefüllte Apparat mit verschlossenen Hähnen (B und C in Fig. 1 und 2) zwei Tage unberührt stehen blieb; jedesmal zeigte sich bei einer dann vorgenommenen Bestrahlung, dafs der Inhalt in Bezug auf dessen Absorptionsvermögen unverändert geblieben war. Es ist das das beste Zeugnifs sowohl für den luftdichten Verschlufs des Apparates, als auch für die Brauchbarkeit des angewendeten Hahnfettes, bezüglich seiner Eigenschaft, keine athermanen Dämpfe zu entwickeln.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dafs man aus diesen Versuchen mit reinem Wasserstoff und mit reiner Luft den Schlufs nicht ziehen darf, dafs die beiden Gase überhaupt keine Strahlen absorbiren; die Versuche zeigen nur, dafs eine Absorption nicht in dem Mafse stattfindet, dafs diese durch die angewendeten Mittel nachweisbar wäre.

Die Versuche mit reiner Luft, die, wie oben schon bemerkt, viel leichter zu gewinnen ist, als reiner Wasserstoff und sich schon nach einem zwei- bis dreistündigen Durchströmen durch den Absorptionsapparat als rein erwies (vorausgesetzt wenigstens, dafs nicht vorher sehr stark absorbirende Gase, wie reine Kohlensäure oder Ammoniak sich im

Apparat befanden), ergaben sowohl bei Anwendung der Bunsen'schen Flamme als auch der Knallgaslampe genau dasselbe wie die Versuche mit reinem Wasserstoff. Die erhaltenen Curven sind von den bei Wasserstoff gefundenen nicht verschieden und von einer Absorption durch reine Luft ist deshalb nichts zu bemerken. Folgende Werthe erhielt ich für die permanente Druckerhöhung $a_5 - a_1$ in mm bei Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme : 0,45; 0,40; 0,45; 0,40; 0,40; 0,50; 0,45; 0,40; 0,45.

Darauf dafs das Mittel aus diesen Werthen etwas gröfser ist als das aus denselben Werthen für Wasserstoff berechnete, möchte ich kein Gewicht legen.

Versuche mit kohlensäurefreier, feuchter Luft. Vgl. S. 80.

1) Versuche mit Luft, die bei 0° mit Wasserdampf gesättigt war.

a) Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme.

Um einen Einblick zu gewähren in die Art und Weise, wie diese Versuche angestellt wurden, möchte ich angeben, wie die in der unten stehenden Tabelle angeführten Curven 1 bis 4 erhalten wurden, und dazu bemerken, dafs bei allen übrigen Versuchen in ähnlicher Weise verfahren wurde : Der Absorptionsapparat hatte seit dem vorhergehenden Tag mit reinem Wasserstoff gefüllt gestanden; zuerst wurde während $^3/_4$ Stunden feuchte Luft nur durch die Reinigungs- und Sättigungsapparate geleitet, um die darin enthaltenen Gase zum gröfsten Theil zu entfernen ; dabei trat die durchgeleitete feuchte Luft durch den Dreiweghahn B (Fig. 1 und 2) in die Atmosphäre. Dann strich die Luft noch während weiteren $1^1/_2$ Stunden durch jene Apparate und den Absorptionsapparat. Nachdem die Temperatur des Bades, sowie die Temperatur des Apparates bestimmt war, folgte der erste Bestrahlungsversuch, der die Curve 1 ergab. Nun führte ich während der nächsten Stunde wieder feuchte Luft durch den Absorptionsapparat und stellte nach Ablauf dieser Zeit den zweiten Bestrahlungsversuch an. Der dritte Versuch folgte unmittelbar auf den zweiten, so dafs die Curven 2

und 3 mit derselben Füllung des Apparates erhalten wurden. Zwischen dem dritten und vierten Versuch lag ein Zeitraum von 2 Stunden, während welcher Zeit feuchte Luft ununterbrochen durch den Apparat strömte.

Die anderen Curven 5 bis 12 wurden zu sehr verschiedenen Zeiten, die mitunter 2 Monate auseinander liegen, erhalten.

Tabelle 1.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,20	2,65	2,75	0,70	0,65	0,45	2,10	2,20	2,15	0°	25°	2,13
2	0,00	2,50	2,65	0,50	0,50	0,50	2,15	2,25	2,20	0°	26°	2,20
3	0,10	2,40	2,60	0,55	0,50	0,40	2,10	2,10	2,10	0°	26°	2,10
4	0,05	2,40	2,65	0,50	0,45	0,40	2,20	2,15	2,18	0°	26°	2,18
5	0,25	2,60	2,80	0,70	0,70	0,45	2,10	2,10	2,10	0°	24°	2,06
6	0,35	2,80	2,95	0,80	0,80	0,45	2,15	2,20	2,18	0°	24°	2,14
7	0,05	2,50	2,65	0,45	0,45	0,40	2,20	2,25	2,23	0°	26°	2,23
8	0,05	2,55	2,75	0,55	0,50	0,45	2,25	2,25	2,25	0°	26°	2,25
9	0,00	2,50	2,65	0,50	0,50	0,50	2,15	2,25	2,20	0°	22°	2,11
10	0,05	2,55	2,75	0,55	0,50	0,45	2,25	2,25	2,25	0°	22°	2,16
11	0,00	2,60	2,65	0,35	0,40	0,40	2,35	2,40	2,38	0°	23°	2,31
12	—0,05	2,60	2,70	0,40	0,35	0,40	2,35	2,45	2,40	0°	23°	2,33
										Mittel		2,18.

Die Bedeutung der Ueberschriften der einzelnen Columnen ist nach dem, was oben darüber mitgetheilt wurde, ohne Weiteres verständlich und mufs ich nur noch angeben, wie die Zahlen der letzten Columne erhalten wurden. Wie aus der Arbeit des Hrn. Heine hervorgeht, hängt die temporäre Druckzunahme von der Temperatur des Gases ab; sie war bei seinen Versuchen mit Mischungen von Luft und Kohlensäure um ungefähr 1 Proc. kleiner, wenn die Temperatur des Gases 1° höher war. Dieser Einflufs mufste somit auch bei meinen Versuchen berücksichtigt werden; da es mir nun mehr darauf ankam, nachzuweisen, dafs der Wasserdampf überhaupt Strahlen absorbirt, als wohl die Gröfse dieser Absorption möglichst genau zu messen, so habe

ich es unterlassen, diesen Einfluſs nochmals zu untersuchen und auch möglichst genaue Temperaturbestimmungen am Apparat auszuführen. Aufserdem weichen alle vorkommenden Temperaturen nur wenig von einander ab, und es ist deshalb wohl erlaubt, wenn ich alle Werthe mit Hülfe der von Hrn. Heine gefundenen Beziehung auf die Temperatur von 26° reducire.

Die Uebereinstimmung der einzelnen Versuche unter einander kann als eine recht gute bezeichnet werden; nur die zwei letzten Versuche weichen vom Mittel etwas mehr ab als die anderen. Wenn man aber bedenkt, dafs diese Versuche ungefähr 3 Monate später als die ersten angestellt wurden und dafs in dieser Zwischenzeit der Absorptionsapparat häufig auseinander genommen, sowie inwendig mit Rufs resp. mit Schellack überzogen und wieder frisch polirt wurde, so ist diese kleine Abweichung sehr erklärlich. Die Uebereinstimmung würde übrigens sicher noch besser sein, wenn die Temperatur des Absorptionsapparates genauer beobachtet worden wäre.

Aus den mitgetheilten Versuchen geht nun hervor: erstens, dafs die permanente Druckerhöhung des Gases dieselbe ist, mag feuchte Luft oder reine Luft oder reiner Wasserstoff sich im Absorptionsapparat befinden; zweitens, dafs die temporäre Druckzunahme von bei 0° gesättigter, auf 26° erwärmter, feuchter Luft im Mittel 2,18 mm beträgt, wenn die Bestrahlung durch eine Bunsen'sche Flamme geschieht. Diese temporäre Druckzunahme ist eine Folge von directer Absorption von Wärme durch den der Luft beigemischten Wasserdampf. Die durch die Bestrahlung erzeugte und im weiteren Verlauf derselben unverändert bleibende Differenz zwischen der mittleren Temperatur des Gases und der des Absorptionsapparates kann leicht mittelst der auf S. 74 angegebenen Beziehung berechnet werden. Sie beträgt im vorliegenden Fall ungefähr 0,36°. Fig. 6 giebt ein Bild von der Curve 4 der obigen Tabelle.

b) Bestrahlung mit der Knallgaslampe.

Von diesen Versuchen theile ich nur zwei mit; man darf

von denselben nicht erwarten, dafs sie eine so gute Uebereinstimmung zeigen, wie die obigen, denn die Strahlung einer Knallgaslampe ist viel weniger constant als die der Bunsen'schen Flamme, sowohl während eines Versuches als insbesondere von einem Versuch zum folgenden.

Tabelle 2.

Die Abstände sind in mm gemessen

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,90	3,30	3,85	2,30	2,30	1,40	1,55	1,70	1,63	0°	26°	1,63
2	1,60	4,10	4,60	2,90	2,90	1,30	1,70	1,85	1,78	0°	26°	1,78
											Mittel	1,70.

Vergleicht man die Werthe der permanenten Druckzunahme sowie die der temporären Druckzunahme mit den entsprechenden Werthen, die bei Bestrahlung von gleich feuchter Luft mit dem Bunsen'schen Brenner gefunden wurden, so kommt man zu dem Resultat, dafs wiewohl die gesammte Wärmemenge, welche von der Bunsen'schen Flamme in der Zeiteinheit in den Absorptionsapparat hineingeschickt wird, viel kleiner ist als die von der Knallgaslampe, doch die von der feuchten Luft in derselben Zeit absorbirte Wärmemenge im ersten Fall gröfser ist als im zweiten. Feuchte Luft absorbirt somit von den Strahlen des weifsglühenden Kalkes relativ bedeutend weniger als von denen der nicht leuchtenden Bunsen'schen Flamme. Ich glaube wenigstens nicht, dafs in diesem Fall eine andere Erklärung für die beobachtete Differenz in den Druckerhöhungen zulässig wäre. In Fig. 7 ist die Curve 1 möglichst gut wiedergegeben.

c) Bestrahlung durch einen Glaskolben mit siedendem Anilin (Temperatur ungefähr 182°).

Das Anilin wurde über einer Gasflamme zum Sieden gebracht und dann mit dem Kolben kurz vor Anfang eines jeden Versuches so nahe wie möglich vor der Mitte des Absorptionsapparates aufgestellt. Der Glaskolben war nicht

geschwärzt. Auch von diesen Versuchen möchte ich nur zwei mittheilen.

Tabelle 3.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	permanen. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,05	0,70	0,85	0,35	0,35	0,30	0,50	0,50	0,50	0°	26°	0,50
2	0,15	0,90	1,00	0,50	0,50	0,35	0,50	0,55	0,53	0°	26°	0,53
										Mittel		0,52.

Das Verhältnifs der temporären zur permanenten Druckzunahme ist auch bei dieser Bestrahlungsart viel kleiner als bei der Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme; es scheint somit als ob der Wasserdampf auch von jener Wärmequelle relativ weniger Strahlen absorbire als von der Bunsen'schen Flamme; indessen ist zu berücksichtigen, dafs auch noch andere Ursachen dafür gefunden werden können. So kann z. B. ein Grund darin liegen, dafs die Goldschicht, mit welcher der Absorptionsapparat innen überzogen ist, für die Strahlen, welche von dem heifsen Kolben ausgesendet werden, vielleicht ein gröfseres Absorptionsvermögen besitzt, als für die der Bunsen'schen Flamme; es wäre auch möglich, dafs der Unterschied in der Form der emittirenden Flächen und in ihrer Stellung in Beziehung auf den Absorptionsapparat die besprochene Aenderung jenes Verhältnisses zur Folge hätte.

Alle anderen mit dieser Strahlenquelle ausgeführten Versuche ergaben im Wesentlichen dasselbe Resultat, wie die zwei mitgetheilten; dadurch ist bewiesen, dafs Luft, die bei 0° mit Wasserdampf gesättigt ist, Strahlen, welche von einem mit Anilin gefüllten, auf 182° erwärmten Glaskolben kommen, noch sehr merklich absorbirt.

Fig. 8 stellt die oben mit 1 bezeichnete Curve dar.

d) Bestrahlung durch einen Glaskolben mit siedendem Wasser.

Zwei Versuche ergaben Folgendes :

Tabelle 4.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittal aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,00	0,25	0,30	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0°	26°	0,15
2	0,20	0,45	0,60	0,40	0,40	0,20	0,20	0,15	0,18	0°	26°	0,18
											Mittel	0,17.

Die Versuche, welche ich mit dem Kölbchen von 100° anstellte, sind sehr zahlreich, da ich über die Frage, ob der Wasserdampf Strahlen von so geringer Brechbarkeit noch merklich absorbirt, Gewifsheit erlangen wollte. Alle Versuche lieferten übereinstimmende Resultate und es ist die Thatsache, dafs der feuchten Luft ein Absorptionsvermögen für jene Strahlen zukommt, über jeden Zweifel erhaben. Die Messung der Curven ergiebt, dafs die von der bei 0° gesättigten und auf 26° erwärmten Luft absorbirte Wärmemenge genügt, um unter den gegebenen Umständen eine Differenz zwischen der mittleren Temperatur der feuchten Luft und der des Absorptionsapparates von ungefähr 0,02° dauernd zu unterhalten.

Auch ohne jede Messung wird man sich durch blofses Betrachten der Curve und namentlich der Stelle jener Curve, welche dem Augenblick der Unterbrechung der Bestrahlung entspricht, von der Existenz einer Absorption überzeugen können. Vgl. S. 54. In Fig. 9 habe ich, so gut wie möglich, die Curve 1 wiedergeben lassen. Die an der mit b bezeichneten Stelle vorhandene Senkung der oberen Curve ist ein untrügliches Merkmal für das Vorhandensein von Absorption; wenn die Senkung auch nicht grofs ist (nur 0,15 mm), so ist sie doch unverkennbar vorhanden und keineswegs eine zufällige Erscheinung; ich habe viele Hunderte von Bestrahlungscurven unter den Augen gehabt und kann versichern, dafs ein derartiger Verlauf der Curve nur dann

zu beobachten ist, wenn eine Absorption von Wärme durch das Gas stattgefunden hat. Uebrigens mufs ich noch bemerken, dafs eine viel geringere Absorption noch deutlich beobachtet werden kann, und dafs die Senkung, welche ich auf S. 87 als ein Merkmal für eine Spur von Absorption bezeichnete, noch wesentlich kleiner, aber trotzdem ebenso wenig zufällig ist als die, welche bei den in Rede stehenden Versuchen beobachtet wurde.

e) Bestrahlung durch ein Becherglas mit Kältemischung von -40^0.

Da durch die zuletzt beschriebenen Versuche bewiesen war, dafs feuchte Luft Strahlen niederer Brechbarkeit absorbirt, so hoffte ich, dafs es mir auch gelingen würde, nachzuweisen, dafs feuchte Luft jene Strahlen emittirt.

Ich brachte deshalb vor den mit feuchter Luft gefüllten Absorptionsapparat ein Becherglas, welches eine Kältemischung von ungefähr -40^0 enthielt und verfuhr im Uebrigen gerade so wie bei b), c) und d). Die beobachteten Druckänderungen waren aber äufserst gering und nur Spuren von Emission konnten entdeckt werden. Es dürfte auch die Differenz zwischen den Temperaturen des Gases und der Wand des Becherglases wohl zu gering sein, um eine einigermafsen beträchtliche Abkühlung des Gases durch Strahlung zu Stande bringen zu können, denn das Becherglas war aufsen mit einer Reifschicht bedeckt, die wahrscheinlich eine Temperatur hatte, die nicht viel unter 0^0 lag. Nun hätte ich zwar das Bedecken mit Reif durch passende, aber jedenfalls complicirte Vorrichtungen vermeiden können, allein ich habe diefs unterlassen und diese Versuche nicht weiter fortgesetzt, weil durch andere, später mitzutheilende Versuche, bei welchen die feuchte Luft auf 182^0 erwärmt war, die Existenz eines der feuchten Luft zukommenden Emissionsvermögens leicht nachgewiesen werden konnte.

2) Versuche mit Luft, die bei ungefähr 12^0 mit Wasserdampf gesättigt war; Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme.

Die Temperatur des Bades, worin die mit Wasser ge-

füllten Kaliapparate eingesetzt waren, wurde so gut wie möglich während des mehrere Stunden dauernden Durchströmens der Luft constant gehalten; wenigstens stieg die Temperatur niemals viel über 12°.

Die Resultate von vier Versuchen sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 5.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	permanen. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,25	3,85	4,00	0,70	0,65	0,40	3,35	3,40	3,38	12°	26°	3,38
2	0,20	3,95	4,10	0,75	0,70	0,50	3,40	3,50	3,45	12°	26°	3,45
3	0,05	3,60	3,85	0,55	0,50	0,45	3,35	3,30	3,33	12°	26°	3,33
4	0,10	3,60	3,80	0,60	0,60	0,50	3,20	3,25	3,23	12°	26°	3,23
											Mittel	3,35.

Die einzelnen Werthe der temporären Druckzunahmen weichen mehr von einander ab, als die der Tabelle 1; was daher rührt, dafs die Temperatur von 12° viel schwerer constant zu erhalten ist als die von 0°. Die Versuche zeigen aber evident, dafs mit zunehmendem Gehalt an Wasserdampf die Absorption von Wärme durch feuchte Luft auch zunimmt. Berechnet man die während der Bestrahlung zwischen der mittleren Temperatur der Luft und der des Apparates bestehende Differenz, so erhält man dafür 0,56°.

Fig. 10 stellt die Curve 1 dar.

3) Versuche mit Luft, die bei ungefähr — 15° mit Wasserdampf gesättigt war. Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme.

In welcher Weise die Luft gesättigt wurde, ist auf S. 82 mitgetheilt. Im Ganzen wurden zwei Versuche gemacht; der erste, nachdem die feuchte Luft während $1^1/_2$ Stunden durch den Absorptionsapparat geleitet war, der zweite eine Stunde später, während welcher die Luft ununterbrochen durchströmte. Die Messung der zwei Curven ergab :

Tabelle 6.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	permanen. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.
1	0,20	1,40	1,60	0,65	0,65	0,45	0,95	0,95	0,95	— 15°	?
2	0,15	1,40	1,65	0,80	0,75	0,60	0,90	0,95	0,93	— 15°	?
								Mittel	0,94.		

Leider wurde vergessen, die Temperatur des Absorptionsapparates zu bestimmen, und deshalb ist eine Reduction auf 26° nicht möglich; aus den Versuchen geht aber deutlich hervor, dafs die absorbirte Wärmemenge abnimmt, wenn die der Luft beigemischte Wasserdampfmenge kleiner wird. Legt man den Werth 0,94 mm der temporären Druckzunahme zu Grunde, so berechnet sich der Ueberschufs der Temperatur der feuchten Luft über die des Absorptionsapparates während der Bestrahlung zu 0,15°.

In Fig. 11 ist die Curve 1 wiedergegeben.

Die Versuche über die Bestrahlung von feuchter Luft durch die Bunsen'sche Flamme haben somit für die temporären Druckerhöhungen die Werthe 0,94, 2,18 und 3,35 ergeben, je nachdem die Luft bei — 15°, oder bei 0°, oder bei 12° gesättigt war. Die Wasserdampfmengen, welche 1 cm feuchte Luft in diesen drei Fällen bei der Temperatur der Sättigung enthalten würde, betragen 1,6 g, resp. 4,9 g, resp. 10,6 g; aufserdem ergab sich, dafs die temporäre Druckzunahme von trockener Luft gleich Null ist. Trägt man diese vier Werthepaare in ein Coordinatensystem ein und construirt eine durch die 4 Punkte gehende Curve, so erhält man die Fig. 12. Aus derselben ist ersichtlich, dafs die temporären Druckzunahmen verhältnifsmäfsig langsamer wachsen als die entsprechenden Gehalte an Wasserdampf. Die Curve ist der von Hrn. Heine für Mischungen von Luft und Kohlensäure gefundenen sehr ähnlich.

§. 7. Die bisher mitgetheilten Versuche sind wohl die wichtigsten der ganzen Untersuchung; diejenigen, welche noch beschrieben werden sollen, wurden angestellt, um die durch feuchte Luft ausgeübte Absorption quantitativ und qualitativ vergleichen zu können mit der von trockener atmosphärischer Luft, welche von ihrem natürlichen Kohlensäuregehalt nicht befreit worden ist. Schliefslich sind dann noch die Versuche zu besprechen, welche zur Entkräftung der oben ausführlich behandelten Einwände, die gegen die Versuchsmethode erhoben werden könnten, unternommen wurden.

Versuche mit atmosphärischer Luft, die von ihrem Gehalt an Wasserdampf befreit war. Vgl. S. 79.

1) Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme.

Das Resultat von vier an verschiedenen Tagen, mit verschiedenen Füllungen des Absorptionsapparates angestellten Versuchen ist in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 7.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_6 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Apparates	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,05	2,70	2,95	0,60	0,55	0,50	2,40	2,40	2,40	22°	2,30
2	0,10	2,70	2,95	0,60	0,55	0,45	2,40	2,35	2,38	21°	2,26
3	0,05	2,70	2,90	0,60	0,55	0,50	2,35	2,40	2,38	21°	2,26
4	0,15	3,20	3,35	0,70	0,70	0,55	2,65	2,75	2,70	22°	2,59
										Mittel	2,35.

Dafs der beim vierten Versuch gefundene Werth gröfser ist als die anderen, hängt sicher damit zusammen, dafs an jenem Tage der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft gröfser war als an den vorhergehenden. Da eine genauere Bestimmung der temporären Druckzunahme für die beabsichtigte Berechnung zwecklos wäre, so halte ich das gefundene Mittel für die einem mittleren Gehalt an Kohlensäure entsprechende temporäre Druckzunahme, welche durch

die von der Kohlensäure ausgeübte Absorption während der Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme entsteht. Um aus dieser Zahl und der bei Luft, die bei 0° mit Wasserdampf gesättigt war, gefundenen (2,18) auf das Verhältnifs der Absorptionsvermögen der beiden Gasmischungen für Strahlen der Bunsen'schen Flamme schliefsen zu können, mufs man annehmen : erstens dafs das Reflexionsvermögen des Goldes, mit welchem die Innenwand des Absorptionsapparates überzogen ist, für die Strahlengattungen, welche von Kohlensäure absorbirt werden und für solche, welche von Wasserdampf absorbirt werden, mindestens ungefähr gleich grofs ist, und zweitens, dafs die beiden Gasmischungen sich durch ihre Viscosität, Wärmeleitungsfähigkeit, specifische Wärme u. s. w. nicht merklich von einander unterscheiden. Für die Richtigkeit der ersten Annahme sprechen weiter unten mitzutheilende Versuche mit inwendig berufstem Absorptionsapparat und was die zweite Annahme anbetrifft, so wird dieselbe durch Versuche unterstützt, welche ich mit Luft anstellte, der eine bekannte geringe Menge Wasserdampf und gleichzeitig etwas Kohlensäure beigemischt war, und welche ergaben, dafs die in dieser Mischung erzeugte temporäre Druckzunahme sehr nahezu gleich der Summe der einzelnen temporären Druckzunahmen war, welche ich erhielt, als die Luft mit derselben Wasserdampfmenge allein resp. mit derselben Kohlensäuremenge allein vermischt war.

Man ist deshalb auf Grund meiner Versuche berechtigt zu sagen, dafs Luft, welche bei 0° mit Wasserdampf gesättigt ist, und trockene atmosphärische Luft mit ihrem normalen Gehalt an Kohlensäure bei gleicher Temperatur *ungefähr* gleich viel Strahlen von der Bunsen'schen Flamme absorbiren.

Es ist noch zu erwähnen, dafs die früher veröffentlichten Vorversuche im Wesentlichen dasselbe Resultat ergaben. Vgl. Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilkunde XX, S. 58.

Die in der Tabelle enthaltenen Werthe der temporären Druckzunahme können nicht ohne Weiteres mit den von Hrn. Heine gefundenen verglichen werden, da der Apparat

sowohl was seine Aufstellung als Einrichtung anbetrifft, nicht identisch ist mit dem damals gebrauchten.

In Fig. 13 ist die in obiger Tabelle mit 1 bezeichnete Curve dargestellt; die Gestalt derselben ist nicht wesentlich von der mit feuchter Luft erhaltenen verschieden.

2) Bestrahlung durch die Knallgaslampe.

Zwei Versuche ergaben :

Tabelle 8.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	permanen. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Apparates	Colum. 10 auf 26° red.
1	1,15	3,30	4,15	3,25	3,45	2,30	0,70	1,00	0,85	21°	0,81
2	2,40	4,40	5,25	4,35	4,45	2,05	0,80	0,95	0,88	21°	0,84
										Mittel	0,83.

Vergleicht man das Mittel 0,83 mit dem oben für Luft, die bei 0° gesättigt war, gefundenen Werth 1,70 und beachtet, dafs die permanente Druckzunahme bei kohlensäurehaltiger Luft bedeutend gröfser ist, als im anderen Fall, so stellt sich heraus, dafs feuchte bei 0° gesättigte Luft von den Strahlen des weifsglühenden Kalkcylinders beträchtlich mehr absorbirt als trockene, von ihrer Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft. Bei den vorläufigen Versuchen hatte ich gefunden, dafs feuchte Luft von den Strahlen, die von einem hellroth glühenden Platinblech ausgesendet werden, ebenfalls viel mehr absorbirt als trockene, von ihrer Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft. (Vgl. Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilkunde Bnd. XX, S. 59). Es scheint in der That nur die Bunsen'sche Flamme zu sein, welche Strahlen aussendet, von denen fast ebensoviel durch beide Gasmischungen absorbirt werden, denn auch die folgenden Versuche über Bestrahlung von kohlensäurehaltiger Luft durch auf 182° resp. 100° erwärmte Glaskolben ergeben, dafs das Absorptionsvermögen dieser Luft für Strahlen jener

Wärmequellen bedeutend gegen dasjenige von feuchter, bei 0° gesättigter Luft zurücksteht.

3) Bestrahlung durch einen Glaskolben mit siedendem Anilin.

Drei Versuche ergaben folgende Resultate :

Tabelle 9.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Apparates	Colum. 10 auf 26° red.
1	0,15	0,55	0,70	0,70	0,70	0,55	0,00	0,10	0,05	21°	0,05
2	0,25	0,65	0,80	0,75	0,70	0,45	0,10	0,15	0,13	21°	0,12
3	0,40	0,70	0,90	0,90	0,85	0,45	0,05	0,05	0,05	21°	0,05
										Mittel	0,07.

Die durch Absorption verursachte temporäre Druckzunahme ist zwar unzweifelhaft vorhanden, aber immerhin sehr gering, trotzdem die in das Gas hineingeschickte Strahlenmenge gar nicht so unbedeutend ist, denn die permanente Druckzunahme ist ungefähr ebenso grofs wie bei Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme. Die Zahlen der Tabelle 9 sind mit denen der Tabelle 3 zu vergleichen.

4) Bestrahlung durch einen Kolben mit siedendem Wasser.

Eine Messung der erhaltenen Curven hat nicht stattgefunden, denn eine genaue Betrachtung aller Curven ergab, dafs keine Spur von einer temporären Druckzunahme aufzufinden war. Während somit feuchte, bei 0° gesättigte Luft bei Bestrahlung durch einen Glaskolben mit siedendem Wasser noch sehr merkliche Absorptionserscheinungen zeigte, waren solche mit meinem Apparat in trockener, nicht von Kohlensäure befreiter atmosphärischer Luft nicht mehr nachzuweisen.

Dafs der Wasserdampf, welcher der atmosphärischen Luft beigemischt ist, wirklich in viel höherem Mafse Strahlen eines auf 182° oder 100° erwärmten Glaskolbens absorbirt als die in der Atmosphäre enthaltene Kohlensäure, geht auch

daraus hervor, dafs nachdem die trockene kohlensäurehaltige Luft im Absorptionsapparat durch direct aus dem Freien genommene, somit feuchte und kohlensäurehaltige Luft ersetzt worden war, die Bestrahlung mit dem einen oder dem anderen Kolben wiederum deutlich erkennbare temporäre Druckzunahmen erzeugte.

Es ist selbstverständlich nicht erlaubt, aus diesen Versuchen zu folgern, dafs die Kohlensäure überhaupt nicht merklich Strahlen von so niederer Brechbarkeit absorbirt. Man kann sich leicht vom Gegentheil überzeugen, wenn man die Bestrahlungsversuche mit einer aus reiner Kohlensäure bestehenden Füllung des Absorptionsapparates anstellt; man erhält dann nämlich auch mit dem auf 100° erwärmten Glaskolben eine sehr merkliche temporäre Druckzunahme, die aber immerhin so klein ist, dafs es erklärlich ist, weshalb man keine bemerkt in Luft, die auf 10000 Vol. ungefähr 3 Vol. Kohlensäure enthält.

---

§ 8. Es liegt nun nahe, aus den mitgetheilten Versuchen einen Schlufs zu ziehen auf die in der die Erde umgebenden Atmosphäre stattfindende Absorption von Sonnenstrahlen und von Strahlen, die irdischen Quellen entstammen. Es dürfte zunächst wohl feststehen, dafs der Wasserdampf und auch die Kohlensäure in der Atmosphäre Sonnenstrahlen absorbirt; vorausgesetzt immerhin, dafs unter den Sonnenstrahlen, die die Atmosphäre erreichen, noch Strahlen vorhanden sind, welche von den beiden genannten Gasen absorbirt werden können. Diese Voraussetzung ist zwar wahrscheinlich und wird auch durch die bei verschiedener Sonnenhöhe und in verschiedener Höhe über Meer ausgeführten Messungen der zur Erdoberfläche gelangenden Sonnenwärme unterstützt, allein es wäre noch immer denkbar, dafs die Sache sich anders verhielt, und es wäre immerhin erwünscht, wenn ein directer Beweis für die Richtigkeit jener Voraussetzung beigebracht werden könnte.

Die neue Methode dürfte dazu sehr geeignet sein, und

habe ich bereits einige Vorversuche in dieser Richtung angestellt. Ich habe nämlich den mit reiner Kohlensäure oder mit feuchter Luft gefüllten Absorptionsapparat der Sonnenstrahlung ausgesetzt und im Uebrigen in derselben Weise, wie bei den Versuchen mit Bestrahlung durch die Knallgaslampe, die Druckcurven angefertigt. Würde sich nun dabei ergeben haben, dafs die Sonnenstrahlen eine temporäre Druckzunahme erzeugten, so wäre dadurch der gesuchte Nachweis gefunden worden. Die Versuche wurden in Giefsen und in Pontresina (1800 m über Meer) im Sommer 1881 angestellt; an beiden Orten konnte ich aber eine Absorption mit Sicherheit nicht nachweisen. Daraus darf man aber noch keineswegs auf die Unrichtigkeit der erwähnten Voraussetzung schliefsen, man wird vielmehr zunächst vermuthen, dafs auch der zuletzt genannte Beobachtungsort noch nicht hoch genug gelegen ist, dafs mit anderen Worten über jenem Ort noch eine Luftschicht lagert, die so mächtig ist, dafs die darin enthaltenen Mengen von Wasserdampf und Kohlensäure genügen, um die betreffenden Strahlen zum gröfsten Theil zu absorbiren. Auch darf man nicht vergessen, dafs ich bis jetzt blofs vorläufige Versuche darüber angestellt habe und exactere Versuche mit mehr geeigneten Apparaten deshalb zu einem anderen Resultat führen können. Wenn Leuchtgas oder mit Schwefeläther dampf vermischte Luft im Apparat der Sonnenstrahlung exponirt wurden, so erhielt ich an beiden Orten beträchtliche, auf Absorption deutende temporäre Druckänderungen. Ich beabsichtigte damals, die Beobachtungen an noch höher gelegenen Orten bei trockener Atmosphäre zu wiederholen, wurde aber durch schlechtes Wetter an der Ausführung verhindert. Soviel geht aber aus jenen Versuchen hervor, dafs eine sehr merkliche Erwärmung der Atmosphäre durch directe Absorption von Sonnenstrahlen seitens der darin enthaltenen Mengen von Wasserdampf und Kohlensäure bis in nicht zu grofser Höhe über Meer nicht stattfindet; in viel höheren Regionen können andere Verhältnisse bestehen.

Würde man die besprochene Voraussetzung gelten lassen,

und wollte man aus den weiter oben mitgetheilten Versuchen das Verhältnifs ableiten der von dem Wasserdampf zu der von der Kohlensäure in der Atmosphäre absorbirten Sonnenwärme, so müfste die weitere Annahme gemacht werden, dafs das Verhältnifs der Strahlenmengen, welche von Wasserdampf resp. von Kohlensäure überhaupt absorbirt werden können, dasselbe ist bei der Sonnenstrahlung wie etwa bei der Strahlung der Kalklichtlampe. Hält man diese Annahme für erlaubt, oder giebt man auf Grund der Versuche mit Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme wenigstens zu, dafs das Verhältnifs der überhaupt von beiden Gasen absorbirbaren Strahlenmengen bei der Sonnenstrahlung gröfser ist als bei der Bunsen'schen Flamme, so kommt man mit Hülfe der mitgetheilten Versuche zu dem Resultat, dafs die Absorption von Sonnenstrahlen in atmosphärischer Luft, die bei 0° oder einer höheren Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist, zum gröfseren Theil von dem Wasserdampf und zum kleineren Theil von der Kohlensäure ausgeübt wird. In sehr trockener atmosphärischer Luft kann es dagegen vorkommen, dafs die meiste Wärme von der Kohlensäure absorbirt wird.

Oben habe ich erwähnt, dafs die unteren Schichten der Atmosphäre nur noch wenig Sonnenwärme direct absorbiren können; dieselben werden aber von der Wärme, welche die Erdoberfläche ausstrahlt, mehr absorbiren als die hoch über der Oberfläche gelegenen Schichten und zwar ergiebt sich aus den Versuchen über Bestrahlung durch die auf 182° resp. 100° erwärmten Glaskolben, dafs dabei der Wasserdampf wiederum die Hauptrolle spielt, sobald die absolute Feuchtigkeit der Luft nicht gerade ungemein gering ist.

Auf die Bedeutung, welche diese Resultate für die Meteorologie haben, möchte ich hier nicht näher eingehen, hauptsächlich deshalb, weil ich mich zu wenig mit jener Disciplin beschäftigt habe; ich möchte aber noch Folgendes erwähnen. Feuchte atmosphärische Luft besitzt, wie zu erwarten war, wie aber auch durch Versuche direct nachgewiesen wurde (vgl. weiter unten), ein ihrem Absorptionsvermögen

entsprechendes Emissionsvermögen, welches bei nicht zu geringem Gehalt an Wasserdampf abermals hauptsächlich der Anwesenheit dieses Gases zuzuschreiben ist. Es wäre nun wohl von Interesse, zu untersuchen, in wie weit die Emission der unteren Schichten der Atmosphäre einen Einfluſs auf meteorologische Verhältnisse ausübt; auch zu dieser Untersuchung würde sich die neue Methode, wie ich glaube, besser als eine andere mir bekannte, eignen. Im Princip müſste man so verfahren, daſs man den Wasserdampf enthaltenden, oder mit Kohlensäure gefüllten Absorptionsapparat im Freien gegen Sonnenstrahlung geschützt aufstellte und bei verschiedener Höhe über Meer die durch Emission erzeugten temporären Druckerniedrigungen bestimmte. Verschiedene derartige Versuche habe ich schon angestellt, ihre Zahl ist aber zu gering, und der Apparat ist zu derartigen Beobachtungen noch nicht geeignet genug, um aus den erhaltenen Resultaten allgemeinere Schlüsse ableiten zu können. Durch diese orientirenden Versuche ist aber die Ausführbarkeit des Gedankens nachgewiesen und dieselben haben für eine eventuelle Untersuchung dieses Gegenstandes die nöthigen praktischen Winke gegeben. Ich bezweifle jedoch, daſs ich eine derartige Untersuchung in Angriff nehmen werde, da mir, wie schon gesagt, meteorologische Fragen zu fern liegen.

---

§ 9. Ich habe auch einige Versuche angestellt, welche beweisen, daſs die von Kohlensäure absorbirbare Strahlengattung sich auch qualitativ von der von Wasserdampf absorbirbaren unterscheidet. Zu diesem Zweck wurde zuerst trockene, mit Kohlensäure vermischte Luft im Absorptionsapparat der Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme unterworfen; die Strahlen gingen aber nicht wie früher gewissermaſsen direct von der Flamme in den Apparat, sondern muſsten vorher eine 20 cm lange, 2,7 cm weite, innen hoch polirte und auf der nach der Flamme zugewandten Seite durch eine Steinsalzplatte verschlossene Messingröhre passiren, welche in der Verlängerung des Absorptionsappa-

rates aufgestellt und mit Hülfe eines Kautschukringes ziemlich luftdicht mit der Steinsalzplatte des Absorptionsapparates verbunden war. Im Uebrigen blieb die Versuchsanordnung dieselbe wie früher; dafs bei diesen Versuchen der Bunsen'sche Brenner um so viel weiter von dem Absorptionsapparat entfernt war, als die Länge der eingeschalteten Messingröhre beträgt, braucht wohl kaum bemerkt zu werden. Durch zwei seitliche, mit Ansatzröhrchen versehene Oeffnungen konnte die Messingröhre mit atmosphärischer Luft resp. mit Kohlensäure gefüllt werden, so dafs die Strahlen, bevor sie in den Absorptionsapparat gelangten, das eine Mal keine merkliche Absorption erlitten, im anderen Fall aber von Kohlensäure theilweise absorbirt wurden.

Befand sich nun trockene, von Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft im Absorptionsapparat, so erhielt ich Curven, deren Messung folgendes ergab.

Tabelle 10.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Messingröhre war gefüllt mit:
1	0,00	0,50	0,50	0,05	0,10	0,10	0,40	0,45	0,43	atmosph. Luft
2	— 0,05	0,00	0,05	0,05	0,05	0,10	0,00	0,00	0,00	Kohlensäure
3	0,15	0,60	0,60	0,20	0,20	0,05	0,40	0,40	0,40	atmosph. Luft
4	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,05	0,03	Kohlensäure.

Eine Füllung des Absorptionsapparates mit trockener Luft, zu welcher Kohlensäure zugesetzt war, ergab :

Tabelle 11.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9.	Die Messingröhre war gefüllt mit:
1	0,05	5,90	6,00	0,30	0,25	0,20	5,75	5,75	5,75	atmosph. Luft
2	0,00	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15	0,05	0,10	0,13	Kohlensäure.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daſs die 20 cm lange mit Kohlensäure gefüllte Röhre genügt, um fast alle Strahlen (bis auf etwa 1 Proc.), die von Kohlensäure absorbirt werden können, zurück zu behalten; jene Röhre ist somit für diese Strahlen fast vollständig atherman, viel athermaner als alle weiter unten aufgeführten Substanzen, mit Ausnahme einer Alaunplatte.

Der bedeutend geringere Betrag der permanenten und temporären Druckzunahme, welcher bei den obigen Versuchen in Vergleich zu den früheren gefunden wurde, hängt nicht etwa damit zusammen, daſs eine zweite Steinsalzplatte eingeschaltet war; directe Versuche ergaben, daſs Steinsalz sowohl für die von Kohlensäure als für die von Wasserdampf absorbirbaren Strahlen sehr diatherman ist.

Nach diesen Versuchen wurde Luft aus dem Freien direct in den Absorptionsapparat geleitet; Psychrometerbeobachtungen hatten ergeben, daſs dieselbe bei ungefähr + 7° gesättigt war. Die Bestrahlung fand in derselben Weise statt wie oben. Es wurde erhalten :

Tabelle 12.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme		Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Messingröhre war gefüllt mit :
							$a_3 - a_5$	$a_2 - \frac{a_1 + a_2}{2}$		
1	0,15	1,25	1,35	0,30	0,30	0,15	1,05	1,00	1,03	Kohlensäure
2	0,20	1,40	1,40	0,35	0,30	0,10	1,10	1,15	1,13	„
3	0,30	1,60	1,65	0,35	0.35	0,05	1,30	1,25	1,28	atmosph. Luft
4	0,20	1,80	1,85	0,35	0,40	0,20	1,45	1,50	1,48	„

Vergleicht man diese Resultate mit den in den Tabellen 10 und 11 enthaltenen, so findet man, daſs die in der langen Messingröhre enthaltene Kohlensäure jedenfalls nur sehr wenig von den Strahlen absorbirt, die von Wasserdampf absorbirt werden können. Das Absorptionsspectrum des Wasserdampfes ist folglich jedenfalls sehr verschieden von dem der Kohlensäure. Zu weiteren Schlüssen berechtigen die Versuche nicht.

Es wurde nun weiter untersucht, welchen Einfluſs das Einschalten von anderen Substanzen in den Weg der von der Bunsen'schen Flamme kommenden Strahlen auf die Gröſse der in trockener, kohlensäurehaltiger Luft sowie in feuchter, kohlensäurefreier Luft erzeugte temporäre Druckerhöhung hatte. Zu diesem Zweck wurde der Bunsen'sche Brenner wieder in die gewöhnliche Stellung dicht vor dem Absorptionsapparat gebracht und eine Anzahl von Bestrahlungsversuchen gemacht. Bei dem ersten Versuch jeder Reihe gingen die Strahlen wie früher direct in den Absorptionsapparat; bei den folgenden befand sich vor der Oeffnung des Schirmes H in Fig. 1 und 2 jedesmal einer der folgenden Körper : eine Seifenlamelle; die nicht berufste Hälfte einer 0,03 cm dicken Birmingham-Glasplatte; eine Spiegelglasplatte von 0,16 cm Dicke; ein Hartgummiblatt von ungefähr 0,02 cm Dicke; die so stark berufste andere Hälfte der Birminghamplatte, daſs das Licht der Kalklichtlampe durch die vor das Auge gehaltene Platte nicht sichtbar war und schliefslich eine 0,4 cm dicke Alaunplatte. Die Seifenlamelle wurde mittelst eines Drahtringes vor die Oeffnung des Schirmes gebracht, und zwar nicht wie die anderen genannten Körper schon vor Anfang des betreffenden Bestrahlungsversuches, denn dann platzte die Lamelle immer im Augenblick, wo durch Oeffnen des Brennerhahnes die Bestrahlung anfing, sondern in der Weise, daſs die Lamelle, während die Flamme in voller Gröfse brannte, abwechselnd vorgehalten und entfernt wurde. Die dadurch erzeugte Verminderung resp. Vermehrung des vorhandenen temporären Ueberdruckes wurde durch Messung der betreffenden Curven bestimmt; da die gemessenen Abstände andere sind als die in den obigen Tabellen mit a_1 u. s. w. bezeichneten, so habe ich dieselben nicht in den folgenden Tabellen aufgenommen und nur das aus denselben sich ergebende Resultat mitgetheilt. Weshalb ich gerade diese Substanzen wählte, braucht nicht erwähnt zu werden, und will ich nur bemerken, daſs die nicht berufste Birminghamplatte deshalb auf Absorption untersucht wurde, weil ein aus derselben geschnittenes Stück bei späteren Bestrahlungsver-

suchen, von denen weiter unten die Rede ist, statt der Steinsalzplatte zum Verschliefsen des Absorptionsapparates benutzt wurde.

Die Resultate dieser Versuche sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

a) Versuche mit trockener, von ihrer Kohlensäure nicht befreiter atmosphärischer Luft.

Tabelle 13.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_2}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Strahlen gingen vorher durch :
1	0,15	3,20	3,35	0,70	0,70	0,55	2,65	2,75	2,70	atm. Luft
2	0,20	2,30	2,50	0,60	0,65	0,45	1,85	1,85	1,85	eine Birm.-platte
3	0,20	0,65	0,65	0,35	0,35	0,15	0,30	0,35	0,33	eine Spiegelglasplatte
4	0,15	0,95	1,15	0,40	0,45	0,30	0,70	0,65	0,68	eine Hartgummiplatte
5	0,10	0,60	0,70	0,30	0,40	0,30	0,35	0,35	0,35	eine berufste Birm.-platte.

b) Versuche mit trockener Luft, zu welcher Kohlensäure zugesetzt war.

Tabelle 14.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_2}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Strahlen gingen vorher durch :
1	0,15	19,40	19,70	0,90	0,85	0,70	18,85	18,90	18,88	atm. Luft.
2	0,15	13,90	14,10	0,65	0,65	0,50	13,45	13,50	13,48	eine Birm.-platte.
3	0,20	3,35	3,45	0,35	0,30	0,10	3,15	3,10	3,13	eine Spiegelglasplatte.
4	0,25	7,20	7,90?	0,80	0,75	0,50	7,15?	6,70	6,93	eine Hartgummiplatte.
5	—0,25	3,20	3,45	0,60	0,60	0,85	2,85	3,00	2,93	eine berufste Birm.-platte.
6	0,20	0,20	0,25	0,30	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	eine Alaunplatte.

c) Versuche mit kohlensäurehaltiger Luft, die bei 13° bis 15° gesättigt war.

Tabelle 15.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	permanente Druckzunahme $a_3 - a_5$	permanente Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Strahlen gingen vorher durch :
1	0,05	3,90	4,20	0,55	0,50	0,45	3,70	3,60	3,65	atm. Luft.
2	0,10	2,15	2,25	0,35	0,35	0,25	1,90	1,90	1,90	eine Birm.-platte.
3	0,15	1,50	1,55	0,30	0,25	0,10	1,30	1,30	1,30	eine Spiegelglas-platte.
4	0,05	1,30	1,35	0,45	0,50	0,45	0,80	1,00	0,90	eine Hartgummi-platte.
5	0,05	0,40	0,50	0,40	0,35	0,30	0,15	0,20	0,18	eine berufste Birm.-platte.
6	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	eine Alaunplatte.

Tabelle 16.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_2}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Die Strahlen gingen vorher durch :
1	0,15	4,20	4,45	0,70	0,65	0,50	3,80	3,80	3,80	atm. Luft.
2	0,15	2,30	2,50	0,60	0,60	0,45	1,90	1,90	1,90	eine Birm.-platte.
3	0,05	1,55	1,60	0,35	0,35	0,30	1,25	1,35	1,30	eine Spiegelglas-platte.
4	0,15	1,45	1,75	0,60	0,60	0,45	1,15	1,10	1,13	eine Hartgummi-platte.
5	0,00	0,40	0,65	0,55	0,55	0,55	0,10	0,10	0,10	eine berufste Birm.-platte.

Nimmt man an, dafs die bei einer und derselben Füllung des Absorptionsapparates entstehenden temporären Druckzunahmen den von der betreffenden Gasmischung absorbirten Wärmemengen proportional sind (vgl. S 00), so kann man mit Hülfe der in den vier obigen Tabellen enthaltenen Zahlen die von den einzelnen Substanzen durchgelassene, von der einen oder der anderen Gasmischung absorbirbare Wärmemenge berechnen in Procenten der auffallenden Wärmemenge von derselben Strahlengattung. In dieser Weise erhält man die Zahlen der folgenden Tabelle.

Tabelle 17.

Durchgelassen wurden von der	Strahlen, die absorbirt werden können							
	von feuchter Luft				von kohlensäurehalt. Luft			
	Tab. 16	Tab. 15	Mittel		Tab. 14	Tab. 13	Mittel	
Seifenlamelle	72	72	72	Proc.	85	90	88	Proc.
Birminghamplatte	50	52	51	„	71	69	70	„
Spiegelglasplatte	34	36	35	„	17	12	15	„
Hartgummiplatte	30	25	28	„	37	26	32	„
berufste B.-platte	3	5	4	„	15	14	15	„
Alaunplatte	—	0	0	„	0	—	0	„

Da die in Rede stehenden Versuche mehr dazu dienen sollen, um sich einigermafsen orientiren zu können, als wohl um den betreffenden Gegenstand vollständig zu erschöpfen, so habe ich darauf verzichtet, eine bessere Uebereinstimmung in den Resultaten zu erzielen; dazu wäre vor allen Dingen nöthig gewesen, dafs ich Platten von überall gleicher Dicke und Beschaffenheit genommen hätte, was thatsächlich nur annähernd der Fall war.

Wie zu erwarten war, absorbirt die Seifenlamelle relativ mehr von den Strahlen, die von Wasserdampf absorbirt werden können, als von denen, die die Kohlensäure zu verschlucken im Stande ist. Eigenthümlich ist das Verhalten der beiden Glasplatten; während die dünne Birminghamglasplatte durchlässiger zu sein scheint für die zuletzt genannte Strahlengattung, erweist sich die dickere Spiegelglasplatte als durchlässiger für die zuerst genannten Strahlen. Dafs der Rufs nicht vollständig atherman ist, war bekannt.

Zu diesen Versuchen gehören eigentlich noch diejenigen, welche ich über die Durchlässigkeit des Steinsalzes für die erwähnten Strahlen anstellte und deshalb will ich derselben kurz erwähnen. Wenn eine polirte Steinsalzplatte zwischen der Flamme und dem Absorptionsapparat aufgestellt wurde, so änderte sich dadurch die von dem Inhalt des Apparates absorbirte Wärmemenge kaum merklich; die beobachtete geringe Abnahme der temporären Druckerhöhung dürfte wohl hauptsächlich auf Rechnung der Reflexion von Strahlen an den beiden Oberflächen der Platte zu bringen sein. Wurde

eine stark behauchte und deshalb feuchte Steinsalzplatte in den Weg der Strahlen gebracht, so nahm dadurch die temporäre Druckzunahme ab, aber nicht so viel, wie wenn eine Seifenlamelle zwischen gehalten wurde. Eine anfänglich polirte, durch Behauchen und wieder Trocknen matt gewordene Steinsalzplatte bildete für die Strahlen ein ziemlich beträchtliches Hinderniſs; durch Behauchen einer solchen Platte konnte ihre Durchlässigkeit vermehrt werden, wenigstens für so lange als die Hauchschicht nicht wieder verdunstet war. Dieses auf den ersten Blick vielleicht befremdende Resultat ist begreiflich, wenn man bedenkt, daſs durch den niedergeschlagenen Hauch die rauhe Oberfläche der Platte vorübergehend geglättet wird. Die Durchlässigkeit nimmt dann auch allmählich wieder ab, je mehr die Hauchschicht verdunstet. Ich führe diese Details an, weil dieselben für Strahlungsversuche, bei welchen Steinsalz verwendet wird, von praktischer Bedeutung sein dürften.

---

§ 10. Um die in der Tabelle 17 enthaltenen Zahlen berechnen zu können, habe ich annehmen müssen, daſs die im Absorptionsapparat bei einer und derselben Füllung erzeugten temporären Druckzunahmen den von dem eingeschlossenen Gas absorbirten Wärmemengen proportional seien. Daſs ich zu dieser Annahme berechtigt war, geht aus den folgenden Versuchen hervor.

Der Absorptionsapparat wurde mit Kohlensäure gefüllt und der Bunsen'sche Brenner so weit von dem Schirm H entfernt, daſs eine kreisförmige, am Rand mit 16 äquidistanten und gleich groſsen Oeffnungen versehene Pappescheibe (Fig. 14) zwischen Brenner und Schirm vertical aufgestellt werden konnte. Die Scheibe wurde um eine horizontale, durch ihren Mittelpunkt gehende Axe ziemlich rasch gedreht; die Oeffnungen derselben gingen gerade an der Oeffnung des Schirmes H vorbei, so daſs eine intermittirende Bestrahlung der Kohlensäure stattfand. Ich setze nun die Wärmemenge, welche in einer gewissen Zeit von der Bunsen'schen Flamme

durch die 16 Oeffnungen der drehenden Scheibe hindurch in den Absorptionsapparat hineingeschickt wurde, gleich Eins; von dieser Wärmemenge wird ein bestimmter Bruchtheil durch die Kohlensäure absorbirt. Wurden nun vor einem zweiten Versuch die Löcher 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 und 17 der Scheibe mit Staniol zugeklebt, so gelangte beim Drehen der Scheibe nur noch eine Wärmemenge gleich $^1/_2$ in derselben Zeit in den Absorptionsapparat. Da nun die Strahlung auf mechanische Weise, also ohne Aenderung der Natur der Strahlen geschwächt worden war, so wurde auch wiederum derselbe Bruchtheil von der in die Kohlensäure eindringenden Wärme absorbirt. Folglich verhalten sich die absorbirten Wärmemengen im ersten und zweiten Fall wie 1 zu $^1/_2$. Durch Zukleben von 4 weiteren Löchern der Scheibe kann bei einem dritten Versuch jene Wärmemenge nochmals auf die Hälfte reducirt werden, u. s. w.

Eine einfache Ueberlegung und übrigens auch der Versuch ergiebt, dafs, eine nicht gar zu langsame Drehung der Scheibe vorausgesetzt, die in einer gewissen Zeit von der Kohlensäure absorbirte Wärmemenge innerhalb weiter Grenzen von der Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe unabhängig ist.

Die absorbirte Wärme erzeugt nun in der Kohlensäure eine temporäre Druckzunahme, welche der intermittirenden Bestrahlung entsprechend sich während der Bestrahlung periodisch ändert, und welche, wie früher nachgewiesen wurde, Töne hervorrufen kann. Bei einer einigermafsen raschen Drehung der Scheibe sind die periodischen Druckschwankungen sehr gering und verlaufen so rasch, dafs der Hebel der Marey'schen Trommel nicht mehr im Stande ist, denselben zu folgen. Stellt man deshalb bei drehender Scheibe Bestrahlungsversuche in derselben Weise an, wie weiter oben mitgetheilt wurde, so erhält man auch Bestrahlungscurven, deren Gestalt sich im wesentlichen nicht von der der oben beschriebenen Curven unterscheidet, und deren Ausmessung ein Mafs liefert für die durch Absorption im

Gas entstandene, genau genommen mittlere temporäre Druckzunahme.

Eine Versuchsreihe, bei welcher die Anzahl der offenen Scheibenlöcher abwechselnd gleich 16, 8, 4, 4, 8 und 16 war, lieferte folgende Werthe der entsprechenden temporären Druckzunahme.

Bei stillstehender Scheibe	Bei rotirender Scheibe m. 16 L.	Bei rotirender Scheibe m. 8 L.	Bei rotirender Scheibe m. 4 L.
5,35 mm	2,80 mm	1,45 mm	0,75 mm.

Die erste Zahl wurde erhalten, wenn eine Oeffnung der ruhenden Scheibe vor der Oeffnung des Schirmes H sich befand; dieselbe ist aus manchen Gründen nicht vergleichbar mit den übrigen Zahlen; d. h. es braucht die zweite Zahl nicht etwa halb so grofs als die erste zu sein. Dagegen ist das Verhältnifs der drei übrigen Zahlen sehr nahezu gleich dem oben gefundenen Verhältnifs der bei jedem Versuch von dem Gas im Absorptionsapparat absorbirten Wärmemengen; was zu beweisen war*).

---

§ 11. Alle im Vorstehenden beschriebenen Versuche wurden entweder mit reiner Luft oder reinem Wasserstoff, oder mit Mischungen von Luft und Wasserdampf resp. Kohlensäure angestellt; bei Gelegenheit der Besprechung der

---

*) Bnd. IV der elektrotechnischen Zeitschrift (1883) enthält auf S. 262 u. ff. einen Aufsatz von Hrn. Hammerl, worin derselbe ein Photometer beschreibt, welches nach einem Vorschlag von Hrn. Pfaundler ausgeführt wurde. Das Princip, welches dem Instrument zu Grunde liegt, ist genau dasselbe wie das oben mitgetheilte; die Strahlen werden nämlich auf mechanische Weise durch eine mit Ausschnitten versehene Scheibe geschwächt. Ich habe das Princip bereits im Jahre 1880 angewendet (Ber. d. Oberh. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde Bnd. XX) und auch Hr. F. Guthrie hat im Jahre 1879 ein ähnliches Photometer construirt, wie ich aus den Beibl. Bnd. IX S. 695 erfahren habe.

Einwände, welche gegen die Untersuchungsmethode erhoben werden können, theilte ich mit, dafs auch Bestrahlungsversuche mit feuchtem Wasserstoff gemacht wurden; das Nähere darüber soll jetzt angegeben werden.

In welcher Weise dem auf elektrolytischem Wege hergestellten Wasserstoff eine bestimmte Quantität Wasserdampf beigemischt wurde, habe ich schon mitgetheilt; die Bestrahlungsversuche wurden mit demselben Apparat und in derselben Weise aufgeführt wie bei Luft u. s. w. Eine Versuchsreihe möchte ich etwas ausführlicher mittheilen.

Nachdem an den drei vorhergehenden Tagen nur trockener Wasserstoff in den Absorptionsapparat eingeleitet und untersucht worden war, wurde am Mittag des ersten Tages während drei Stunden ununterbrochen feuchter, bei 0° bis 2° gesättigter Wasserstoff durch den Apparat getrieben. Nach Ablauf dieser Zeit wurden zwei Bestrahlungsversuche mit der Bunsen'schen Flamme direct hinter einander gemacht (Curve 1 und 2; Tab. 18). Darauf strich nochmals während zwei Stunden feuchter, bei ungefähr 6° gesättigter Wasserstoff durch den Apparat; diese Füllung wurde zweimal mit der Bunsen'schen Flamme (Curve 3 und 4; Tab. 18) und viermal mit einem jedesmal wieder auf 100° erwärmten Glaskolben bestrahlt (Curve 5, 6, 7 und 8; Tab. 18). Bei einem direct darauf folgenden Versuch wurde keine Strahlenquelle vor den Apparat gestellt, im Uebrigen aber gerade so verfahren, als wäre eine solche vorhanden gewesen; der Zweck dieses Versuches war, um zu erfahren, ob vielleicht die Strahlung der im Beobachtungszimmer befindlichen Gasflammen, die zur Beleuchtung dienten, die bei den Versuchen mit dem Glaskolben gefundene Absorption verursacht hätten. Es wäre dieſs möglich gewesen, allein es ergab sich, dafs ein Einfluſs dieser Flammen thatsächlich nicht bemerkbar war. Nach diesem Versuch wurde, da am folgenden Tage nicht gearbeitet werden konnte, und die Steinsalzplatte vielleicht beim langen Stehen des Apparates durch den feuchten Wasserstoff Noth gelitten hätte, trockener Wasserstoff eingeleitet. Der Apparat blieb dann mit verschlossenen Hähnen

bis zum dritten Tag stehen; an diesem Tag fingen die Versuche damit an, dafs während anderthalb Stunden, feuchter bei 0° gesättigter Wasserstoff durchgeleitet wurde; dann machte ich vier Bestrahlungsversuche mit einem jedesmal wieder auf 182° erwärmten Glaskolben (Curve 9, 10, 11 und 12; Tab. 18) und liefs nun noch während $2^1/_2$ Stunden bei 0° gesättigten Wasserstoff durch den Apparat gehen. Darauf stellte ich noch drei Bestrahlungsversuche mit dem Kolben von 182° an (Curve 13, 14 und 15; Tab. 18). Schliefslich wurde eine neue Füllung mit dem Kalklicht bestrahlt und die Curven 16 und 17 der Tab. 18 erhalten.

Der Kürze halber möchte ich nicht alle direct gemessenen Gröfsen (a_1, a_2 u. s. w.), sondern nur die daraus berechneten permanenten und temporären Druckzunahmen mittheilen :

Tabelle 18.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Bestrahlung durch	Bunsen'sche Flamme				Glaskolben von 100°			
Nr. der Curven	1	2	3	4	5	6	7	8
perman. Druckzunahme	0,40	0,45	0,35	0,40	0,20	0,10	0,05	0,00
temp. Druckzunahme	0,30 0,30	— 0,35	0,45 0,50	0,40 0,50	0,05 0,00	0,05 0,05	0,05 0,00	0,05 0,05
Temperatur des Bades	0°-2°	0-°2°	± 6°	± 6°	± 6°	± 6°	± 6°	± 6°
Temperatur d. Appar.	25°	25°	25°	25°	25°	25°	25°	25°

Bestrahlung durch	Glaskolben von 182°							Knallgas-lampe	
Nr. der Curven	9	10	11	12	13	14	15	16	17
perm. Druckzun.	0,35	0,30	0,55	0,30	0,30	0,15	0,25	1,25	1,15
temp. Druckzun.	0,10 0,10	0,05 0,10	0,10 0,15	0,10 0,05	0,10 0,10	0,05 0,10	0,05 0,00	0,20 0,15	0,20 0,35
Temper. d. Bades	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	± 2,5°	± 2,5°
Temp. d. Appar.	23°	23°	23°	23°	?	?	?	26°	26°

Aus der Tabelle geht hervor : erstens, daſs die Strahlen einer jeden der vier Wärmequellen in feuchtem Wasserstoff ebenso wie in feuchter Luft eine temporäre Druckzunahme erzeugen, die durch die Anwesenheit von Wasserdampf bedingt ist; zweitens, daſs die durch dieselbe Bestrahlungsart erzeugte temporäre Druckzunahme in feuchtem Wasserstoff bedeutend kleiner ist als die in gleich feuchter Luft; drittens, daſs das Verhältniſs der durch verschiedene Wärmequellen hervorgebrachten temporären Ueberdrücke im Groſsen und Ganzen dasselbe ist bei feuchtem Wasserstoff und bei feuchter Luft; auch jetzt findet man z. B., daſs von dem intensiven Knallgaslicht relativ weniger Strahlen absorbirt werden, als von der Bunsen'schen Flamme; viertens, daſs die temporäre Druckzunahme auch bei feuchtem Wasserstoff mit zunehmendem Gehalt an Wasserdampf wächst.

Diese Resultate sind leicht zu erklären, wenn man die Absorption durch Wasserdampf als die Ursache der temporären Druckzunahme betrachtet, und wenn man gleichzeitig beachtet, daſs Wasserstoff und Luft sich durch ihre Viscosität, ihr thermisches Leitungsvermögen und ihre specifische Wärme sehr von einander unterscheiden. Dieselben sind dagegen kaum verständlich, wenn man den beobachteten Druckänderungen andere Ursachen zu Grunde legt. Daſs der feuchte Wasserstoff keine anderen absorbirenden Gase enthielt, kann ich mit Bestimmtheit versichern; davon habe ich mich wiederholt und oft überzeugt.

In Fig. 15 ist die dritte Curve der Tabelle 18 wieder gegeben. Aus einem Vergleich dieser Curve mit einer der bei feuchter Luft gefundenen Curven ergiebt sich ein Unterschied in Bezug auf die Gestalt derselben. Die erstere steigt nach Anfang der Bestrahlung und fällt nach Unterbrechung der Bestrahlung viel rascher als letztere. Dieser Unterschied erklärt sich dadurch, daſs der stationäre Zustand in feuchtem Wasserstoff in Folge der physikalischen Eigenschaften des Wasserstoffs viel eher erreicht werden muſs, als in feuchter Luft. Derselbe Unterschied ist wahrzunehmen bei den Curven, die bei Bestrahlung von Mischungen von Wasserstoff

resp. Luft mit Kohlensäure erhalten wurden. (Vgl. die Abhandlung von Hrn. Heine.)

---

§ 12. Um den Einfluſs zu untersuchen, den die Beschaffenheit der inneren Oberfläche des Absorptionsapparates auf die durch Bestrahlung erzeugte temporäre Druckzunahme hat, wurde der beschriebene Absorptionsapparat auseinander genommen, inwendig mit Schellackfirniſs überzogen, resp. durch eine brennende Wachskerze berufst und wieder zusammengesetzt. Im Uebrigen wurde gerade so verfahren wie es auf S. 83 u. ff. mitgetheilt ist. Es wäre wohl von Interesse gewesen, zu erfahren, wie nicht nur durch das Auftragen einer Schellack- oder Ruſsschicht, sondern auch durch das Ersetzen der polirten Goldschicht durch eine Schicht eines anderen Metalles die temporäre Druckzunahme sich bei gleich bleibender Bestrahlung und Füllung des Absorptionsapparates geändert haben würde; allein ich habe vorläufig darauf verzichten müssen, meine Versuche nach dieser Richtung hin auszudehnen; auch muſs ich bemerken, daſs den Versuchen mit gefirniſstem und berufstem Apparat nicht diejenige Ausdehnung gegeben wurde, welche zu einer erschöpfenden Behandlung des betreffenden Gegenstandes erforderlich gewesen wäre; ich habe durch diese Versuche zunächst bloſs nachweisen wollen, daſs die möglicherweise verschiedene Beschaffenheit der mit dem auf Absorption zu prüfenden Gas in Berührung stehenden Oberfläche des Absorptionsapparates nicht die Ursache sein kann der beobachteten Verschiedenheit in dem Verhalten von feuchten und trockenen Gasen während der Bestrahlung.

Zuerst wurden mit dem berufsten Apparat verschiedene Versuche in folgender Reihenfolge gemacht. Nach dem Berufsen und Zusammensetzen des Apparates strich während $3^1/_2$ Stunden reine Luft durch. Erster Bestrahlungsversuch mit der Bunsen'schen Flamme : eine geringe temporäre Druckzunahme war noch zu bemerken. Der Apparat blieb mit verschlossenen Hähnen eine Stunde lang stehen, um zu

erfahren, ob aus der Rufsschicht fremde Gase entwichen; Zweiter Bestrahlungsversuch: es ergab sich eine etwas gröfsere temporäre Druckerhöhung als vorhin. Darauf strich reine Luft während $1^1/_2$ Stunden durch. Dritter Bestrahlungsversuch wie oben; eine temporäre Druckzunahme war nicht mehr zu bemerken. Der Apparat blieb mit verschlossenen Hähnen bis zum folgenden Tag stehen und es wurde derselbe Inhalt nochmals mit der Bunsen'schen Flamme bestrahlt; es war wiederum eine Spur von temporärer Druckerhöhung vorhanden. Nach einer Stunde, während welcher reine Luft durchströmte, folgte der fünfte Bestrahlungsversuch mit der Bunsen'schen Flamme; keine Spur von temporärer Druckerhöhung war aufzufinden. Dieselbe Füllung wurde dann mit der Knallgaslampe bestrahlt, wobei sich wiederum eine geringe temporäre Druckerhöhung ergab. Dann strömte noch während $2^1/_4$ Stunden reine Luft durch, das Knallgaslicht erzeugte aber noch immer eine Spur von temporärer Druckzunahme, die auch nicht verschwand, nachdem reine Luft noch während mehreren Stunden durchgeleitet war. Dagegen war bei Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme nichts mehr von einer temporären Druckzunahme zu bemerken.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen geht nun hervor, dafs die Strahlen der Bunsen'schen Flamme in reiner Luft keine temporären Druckerhöhungen erzeugen, mag dieselbe in dem polirten oder in dem berufsten Absorptionsapparat eingeschlossen sein. Die intensive Strahlung der Knallgaslampe aber scheint noch derartige Druckänderungen, wenn auch in kaum erkennbarer Gröfse zu bewirken. Da auch dasselbe bei Wasserstoff gefunden wurde, so halte ich diese Erscheinung nicht für zufällig; man könnte meinen, dafs dieselbe dadurch hervorgebracht werde, dafs die Luft oder der Wasserstoff durch die von dem Rufs vielleicht absorbirten Gase verunreinigt werden; dieselbe kann aber auch daher kommen, dafs die Temperatur des Rufses während der so sehr intensiven Bestrahlung durch das Kalklicht merklich höher ist als die Temperatur des Gefäfses; dafs mit anderen Worten der Rufs selbst die Rolle eines absorbirenden Gases spielt. Erstere

Annahme halte ich nicht für wahrscheinlich, einmal weil die Erscheinung unverändert bestehen blieb, auch wenn die reinen Gase während mehreren Tagen durch den Absorptionsapparat geleitet wurden, und zweitens, weil der Betrag der temporären Druckzunahme in Wasserstoff und in Luft gleich gering war, was nicht gut mit der Annahme, dafs ein fremdes absorbirendes Gas in geringer Menge vorhanden gewesen wäre, in Einklang zu bringen ist. Aufserdem spricht gegen jene Annahme die Thatsache, dafs die Erscheinung nur noch bei der Bestrahlung durch die Knallgaslampe und nicht mehr bei der durch die Bunsen'sche Flamme eintrat, während oben gefunden wurde, dafs wenigstens Kohlensäure und Wasserdampf mehr von den Strahlen der letzteren als von denen der ersteren Wärmequelle absorbiren. Dagegen möchte ich die zweite Erklärung als die wahrscheinlich richtige bezeichnen. Der lockere Rufsüberzug besitzt nämlich diejenigen Eigenschaften, welche es möglich machen, dafs die Temperatur desselben während der Bestrahlung merklich höher ist, als diejenige der Metallwände des Absorptionsapparates; diese Eigenschaften sind : hohes Absorptionsvermögen, geringe Leitungsfähigkeit und relativ geringe Masse. Der Vorgang liefse sich folgendermafsen denken : wenn die Bestrahlung anfängt, so steigt die Temperatur des Rufses rasch über die Temperatur der Gefäfswand und ebenso rasch wird diese Temperaturdifferenz nach Unterbrechung der Bestrahlung wieder ausgeglichen; da nun das im Absorptionsapparat befindliche Gas doch zunächst mit der Rufsschicht in Berührung ist, so werden die geschilderten Temperaturänderungen des Rufses wenigstens theilweise auf dasselbe übertragen werden und so die gefundenen geringen temporären Druckzunahmen erzeugen. Ob sich die Sache wirklich so verhält, müfste durch besondere Versuche entschieden werden; als Stütze für die gegebene Erklärung darf wohl die Thatsache angeführt werden, dafs bei intermittirender Bestrahlung eines wenig absorbirenden Gases die Intensität des erzeugten Tones bedeutend zunimmt, wenn die intermittirenden Strahlen auf eine

inwendig berufste Stelle des das Gas enthaltenden Gefäfses gerichtet werden.

Ich will aber nicht unterlassen, nochmals zu bemerken dafs die in Rede stehenden temporären Druckänderungen so gering sind, dafs sie nur von einem sehr geübten Auge, das die betreffende Curve schräg betrachtet, wahrgenommen werden können (vgl. S. 87), und dafs sie bei den Versuchen mit feuchter oder kohlensäurehaltiger Luft gar keine Rolle spielen können.

Die bei den zuletzt mitgetheilten Bestrahlungsversuchen mit reiner Luft erzeugten permanenten Druckzunahmen betragen im Mittel 0,75 mm resp. 3,40 mm, je nachdem die Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme oder durch die Knallgaslampe geschah; dafs diese Zahlen gröfser sind als die entsprechenden, mit dem nicht berufsten Apparat erhaltenen, ist erklärlich und zeigt, dafs von der Wärmemenge, welche in den polirten Apparat eindringt, ungefähr die Hälfte durch Reflexion wieder hinausgeschickt wird.

Ich fahre nun mit der Mittheilung der Versuche, die mit dem berufsten Absorptionsapparat angestellt wurden, fort.

Nach dem letzten Versuch mit reiner Luft strich trockene, von ihrer Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft während $1^1/_2$ Stunden durch den Apparat; darauf folgte der erste Bestrahlungsversuch mit der Bunsen'schen Flamme (Curve 1, Tab. 19). Nun blieb der Apparat mit verschlossenen Hähnen $1^1/_2$ Stunden stehen, um zu prüfen, ob der Rufs eine merkliche Quantität von der Kohlensäure absorbirte; dann wurde der zweite Versuch angestellt (Curve 2, Tab. 19). Zwischen dem zweiten und dritten Versuch (Curve 3, Tab. 19) verliefen 3 Stunden, während welcher Zeit fortwährend trockene, kohlensäurehaltige atmosphärische Luft durchströmte. Am folgenden Tage wurde derselbe Inhalt des Apparates nochmals mit der Bunsen'schen Flamme bestrahlt und eine Druckcurve angefertigt (Curve 4, Tab. 19). Die Messung dieser vier Curven ergab :

Tabelle 19.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Apparates
1	—0,10	1,15	1,50	0,70	0,65	0,75	0,85	0,85	0,85	?
2	0,20	1,40	1,65	0,90	0,90	0,70	0,75	0,80	0,78	?
3	0,05	1,10	1,35	0,65	0,65	0,60	0,70	0,75	0,73	?
4	—0,15	1,20	1,60	0,70	0,75	0,90	0,85	0,90	0,88	23°
						Mittel 0,75		Mittel	0,80.	

Nach dem zuletzt erwähnten Versuch strich während $3^3/_4$ Stunden feuchte Luft durch den Absorptionsapparat; nach Verlauf dieser Zeit wurde ein erster Bestrahlungsversuch mit der Bunsen'schen Flamme angestellt (Curve 1, Tab. 20). Der zweite Versuch folgte, nachdem ich noch während 1 Stunde feuchte Luft durchgeleitet hatte (Curve 2, Tab. 20) und der dritte Versuch ungefähr 5 Stunden nach dem zweiten, während welcher Zeit der Apparat mit verschlossenen Hähnen sich selbst überlassen blieb (Curve 3, Tab. 20). Die so erhaltenen Curven ergaben :

Tabelle 20.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.
1	0,00	1,90	2,30	0,80	0,75	0,75	1,55	1,55	1,55	± 16,5°	23°
2	0,00	1,65	1,95	0,80	0,80	0,80	1,15	1,25	1,20	13°	23°
3	0,10	1,80	2,15	0,85	0,85	0,75	1,30	1,30	1,30	13°	23°
						Mittel 0,75		Mittel	1,25 (aus den beiden letzten Versuchen).		

Auf die Versuche mit feuchter Luft folgten 10 Versuche mit reinem Wasserstoff. Das Ergebnifs derselben war, dafs die Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme keine Spur von temporärer Druckzunahme erzeugte, dafs also der Wasserstoff sich während der Bestrahlung in dem berufsten Absorptionsapparat in dieser Beziehung gerade so verhielt, wie

in dem polirten. Dagegen fand ich, wie oben schon bemerkt, bei Bestrahlung durch die Kalklichtlampe immer noch Spuren von temporären Druckerhöhungen, die selbst dann noch auftraten, nachdem im Ganzen während nicht weniger als $19^1/_2$ Stunden reiner Wasserstoff durchgetrieben war und der Apparat durch 5 Tage hindurch mit reinem Wasserstoff gefüllt und vollständig von der äufseren Atmosphäre abgesperrt gestanden hatte. Die Erklärung dieser Erscheinung habe ich oben bei Gelegenheit der Besprechung der Versuche mit reiner Luft gegeben.

Die permanente Druckzunahme war eben so grofs wie bei reiner Luft.

Nach diesen Versuchen kamen diejenigen mit feuchtem Wasserstoff. Eine Stunde nach dem letzten Versuch mit trockenem Wasserstoff, während welcher Zeit feuchter Wasserstoff durch den Absorptionsapparat strich, stellte ich den ersten Bestrahlungsversuch mit der Bunsen'schen Flamme an (Curve 1, Tabelle 21). Darauf wurde nochmals eine Stunde lang feuchter Wasserstoff durchgeleitet und ein zweiter Bestrahlungsversuch angestellt (Curve 2, Tab. 21). Nun blieb der Apparat während 3 Stunden mit verschlossenen Hähnen stehen, und dann wurde der dritte Versuch gemacht (Curve 3, Tab. 21). Endlich wurde am nächsten Tag dieselbe Füllung nochmals mit der Bunsen'schen Flamme bestrahlt (Curve 4, Tabelle 21). Die Messungen sind in folgender Tabelle enthalten.

Tabelle 21.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. d. Curven	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	perman. Druckzun. $a_5 - a_1$	temporäre Druckzunahme $a_3 - a_5$	temporäre Druckzunahme $a_2 - \frac{a_1 + a_5}{2}$	Mittel aus Colum. 8 u. 9	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.
1	— 0,05	0,55	0,85	0,70	0,70	0,75	0,15	0,20	0,18	± 10°	23°
2	— 0,05	0,60	0,90	0,70	0,70	0,75	0,20	0,25	0,23	± 12°	„
3	— 0,15	0,45	0,85	0,65	0,65	0,80	0,20	0,20	0,20	„	„
4	0,05	0,65	0,85	0,65	0,65	0,60	0,20	0,30	0,25	„	22°
					Mittel	0,70		Mittel	0,23	(aus den 3 letzten Versuchen.)	

Vergleicht man die sich aus den Zahlen der Tabellen 19, 20 und 21 ergebenden Werthe der temporären Druckzunahme mit den entsprechenden Werthen aus den Tabellen 7, 5 und 18, so findet man : erstens, dafs durch das Berufsen des Absorptionsapparates der absolute Betrag der erzeugten temporären Druckzunahmen verringert wurde, was unzweifelhaft daher kommt, dafs die Strahlen im berufsten Apparat nicht so oft hin und her reflectirt und deshalb weniger vom Gas absorbirt werden, als im polirten Apparat. Zweitens, und auf dieses Resultat möchte ich das meiste Gewicht legen, dafs das Verhältnifs der in feuchter Luft, in kohlensäurehaltiger Luft und in feuchtem Wasserstoff erzeugten temporären Druckzunahmen durch das Berufsen nicht wesentlich geändert worden ist. Da nun auch reine Luft und reiner Wasserstoff sich nicht merklich verschieden in beiden Apparaten verhalten, so ist man wohl zu dem Schlufs berechtigt, dafs das bezüglich der erzeugten temporären Druckzunahme verschiedene Verhalten von trockenen und feuchten Gasen nicht dadurch erklärt werden kann, dafs die Beschaffenheit der Oberfläche des Apparates möglicherweise eine andere ist, je nachdem ein trockenes oder dasselbe mit Wasserdampf vermischte Gas sich im Apparat befindet. Vergleiche übrigens auch die Versuche mit dem auf 182° erwärmten Absorptionsapparat.

Die Versuche mit dem inwendig gefirnifsten Apparat brauche ich nun wohl nicht so ausführlich mitzutheilen; dieselben ergaben im Wesentlichen dasselbe Resultat : Durch Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme wurde in reiner Luft und in reinem Wasserstoff keine temporäre Druckerhöhung erzeugt; dieselbe betrug in trockener, von Kohlensäure nicht befreiter atmosphärischer Luft 2,45 mm und in feuchter, bei 0° gesättigter Luft 1,90 mm; beide Zahlen sind die Mittel aus den auf eine Temperatur von 26° reducirten Resultaten von je vier Versuchen. Die permanente Druckzunahme betrug im Mittel 0,70 mm.

§ 13. Um zu erfahren, ob die hygroscopische Eigenschaft der den Absorptionsapparat verschliefsenden Steinsalzplatte die Versuche mit feuchten Gasen vielleicht beeinflussen könnte, habe ich drei Versuchsreihen angestellt; bei der ersten war die Steinsalzplatte durch eine Birminghamglasplatte ersetzt, bei der zweiten befand sich die Steinsalzplatte in einer Atmosphäre von trockenem Wasserstoff und bei der dritten war die Steinsalzplatte auf der nach Innen gekehrten Seite mit Schellackfirnifs überzogen. Der Absorptionsapparat war bei all diesen Versuchen inwendig blank und polirt.

Was zunächst die erste Versuchsreihe anbetrifft, so ist zu erwähnen, dafs die Birminghamplatte, welche zum Verschliefsen des Absorptionsapparates diente, aus der nicht berufsten Hälfte der Platte herausgeschnitten war, von welcher auf S. 109 u. ff. die Rede war, und für welche gefunden wurde, dafs sie von den Strahlen, die von Kohlensäure resp. von Wasserdampf absorbirt werden können, 70 resp. 51 Proc. durchläfst. Setzt man somit voraus, dafs die Steinsalzplatte bei den früheren Versuchen keinen besonderen Einflufs ausgeübt habe, so wird man erwarten, dafs die Versuche mit dem durch Glas verschlossenen Apparat dasselbe Resultat ergeben, wie die Versuche, bei welchen die Birminghamplatte zwischen den durch Steinsalz verschlossenen Apparat und die Flamme gehalten wurde. Ergiebt sich dann in der That, dafs eine solche Uebereinstimmung stattfindet, so darf man wohl rückwärts auf die Richtigkeit der gemachten Voraussetzung schliefsen.

Zuerst wurde reine Luft untersucht. Die Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme ergab eine Curve, wie sie Fig. 16 zeigt; beide Hälften der über der Nullcurve liegenden Curve sind nicht mehr gradlinig, sondern ein wenig gekrümmt; der erste, während der Bestrahlung geschriebene Theil kehrt seine concave Seite nach unten, der zweite, nach Unterbrechung der Bestrahlung erhaltene Theil seine concave Seite nach oben; beide Curventheile sind ziemlich stark gegen die Nullcurve geneigt. Dagegen ist von einer rasch verlaufenden Druckänderung am Anfang und nach Schlufs der Bestrahlung, wie sie bei *absorbirenden* Gasen in dem mit

Steinsalz verschlossenen Apparat gefunden wurde, nichts zu bemerken; der Druck ändert sich vielmehr in einer ungefähr gleich bleibenden Weise. Die Erklärung dieses Verlaufes ist leicht zu finden, wenn man davon ausgeht, dafs die Birminghamplatte ziemlich viel Strahlen absorbirt und sich in Folge dessen während der Bestrahlung viel rascher, als die übrigen Theile des Absorptionsapparates erwärmt. Das eingeschlossene Gas nimmt während der Bestrahlung von der sich immer mehr erwärmenden Glasplatte immer mehr Wärme auf, die nur zum Theil an die kälteren Metalltheile des Apparates abgegeben wird, und dasselbe kühlt sich nach Unterbrechung der Bestrahlung der Abkühlung der Glasplatte entsprechend allmählich wieder ab. Im wesentlichen verhält sich die Luft somit gerade so, wie früher, als die Steinsalzplatte den Apparat verschlofs, nur fiel damals, weil Steinsalz sehr diatherman ist, der Grund für eine relativ starke Temperatur resp. Druckerhöhung des Gases weg.

Es wurde eine Reihe von 7 Versuchen mit verschiedenen Füllungen des Apparates mit reiner Luft angestellt; der Abstand der erhaltenen Curven von den betreffenden Nullcurven wurde an drei Stellen gemessen; die erste liegt gerade vor der Stelle, welche dem Anfang der Bestrahlung entspricht (a_1), die zweite (a_2) genau 7 cm und die dritte (a_3) genau 14 cm weiter vom Anfang entfernt. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 22.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. der Curven	a_1	a_2	a_3	$a_2 - a_1$	$a_3 - a_1$
1	0,15	3,65	6,15	3,50	6,00
2	0,05	3,70	6,20	3,65	6,15
3	0,05	3,65	5,90	3,60	5,85
4	0,00	3,60	5,90	3,60	5,90
5	0,10	3,70	6,20	3,60	6,10
6	0,00	3,60	5,95	3,60	5,95
7	— 0,20	3,35	5,85	3,55	6,05
			Mittel	3,60	6,00.

Die Zahlen der fünften und sechsten Reihe geben die Druckvermehrung an, die die Bestrahlung im Gase nach Verlauf von Zeiten erzeugte, welche den Entfernungen der Stellen, wo a_2 und a_3 gemessen wurden, von dem Anfang der Bestrahlung entsprechen. Die Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Werthen darf eine befriedigende genannt werden, wenn man berücksichtigt, dafs ein etwas unregelmäfsiger Gang des den Pantographencylinder bewegenden Uhrwerkes bei diesen Versuchen, wo der Druck des Gases fortwährend stark geändert wird, auf die Gestalt der Curven und namentlich auf den Abstand der Curve von der Nullcurve einen bedeutenden Einfluſs ausüben kann.

Zwei Versuche wurden mit trockener, von ihrer Kohlensäure nicht befreiter, atmosphärischer Luft angestellt. Von den erhaltenen Curven ist eine in Fig. 17 abgebildet; man erkennt sofort den Einfluſs der Absorption an der geänderten Gestalt der Curve; nur ist dieser Unterschied zwischen der Curve eines nicht absorbirenden und eines absorbirenden Gases nicht so in das Auge springend, als bei Anwendung einer Steinsalzplatte; es ist nämlich erstens die durch Absorption erzeugte Druckerhöhung im Verhältniſs zur totalen Druckerhöhung viel kleiner, als früher, und zweitens ist auch die absolute Gröſse der erstgenannten Druckerhöhung in Folge der von der Glasplatte ausgeübten Absorption geringer als früher.

Die Messung der Abstände der Curven von den zugehörigen Nullcurven an den drei oben erwähnten Stellen ergab :

Tabelle 23.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. der Curven	a_1	a_2	a_3	$a_2 - a_1$	$a_3 - a_1$
1	— 0,15	4,80	7,55	4,95	7,70
2	0,00	5,20	7,55	5,20	7,55
			Mittel	5,10	7,65.

Subtrahirt man von den Mittelwerthen 5,10 und 7,65 die entsprechenden Mittelwerthe der Tabelle 22, so findet man 1,50 resp. 1,60; Mittel 1,55. Diese Zahl giebt offenbar die Druckerhöhung des Gases an, welche durch directe Absorption von Seiten des Gases erzeugt wurde (vgl. S. 53), wenn man annehmen darf, dafs die Erwärmung von reiner und von trockener, von ihrer Kohlensäure nicht befreiter, atmosphärischer Luft durch Berührung mit der warmen Glasplatte bei gleich bleibender Bestrahlung bis auf unmerkliche Unterschiede die gleiche ist. Gegen diese Annahme dürfte wohl nichts einzuwenden sein.

Die Temperatur des Apparates betrug 23°.

Vergleicht man nun diesen Werth mit dem in der zweiten Reihe von Col. 10 der Tabelle 13 angegebenen Werth, so findet man eine leidlich gute Uebereinstimmung; der jetzt gefundene Werth ist etwas kleiner als der frühere.

Mit feuchter Luft wurden vier Versuche angestellt. Bezüglich der Gestalt der erhaltenen Curven ist dasselbe zu bemerken, wie oben (vgl. Fig. 18). Die Messungen ergaben :

Tabelle 24.

Die Abstände sind in mm gemessen.

Nr. der Curven	a_1	a_2	a_3	$a_2 - a_1$	$a_3 - a_1$	Temperatur des Bades	Temperatur des Appar.
1	0,05	5,45	7,80	5,40	7,75	12°-13°	23,5°
2	0,10	5,35	7,70	5,25	7,60	„	„
			Mittel	5,35	7,70.		
3	0,30	5,90	8,25	5,60	7,95	20,5°	21°
4	0,05	5,70	8,10	5,65	8,05	„	„
			Mittel	5,65	8,00.		

Subtrahirt man wieder von den Mittelwerthen 5,35 und 7,70, sowie 5,65 und 8,00 die entsprechenden Mittelwerthe aus Tabelle 22, so findet man 1,75 mm und 1,70 mm, im Mittel 1,75 mm für die durch Absorption in feuchter, bei 12° bis 13° gesättigter Luft, und 2,05 mm und 2,00 mm, im Mittel

2,05 mm für die durch Absorption in feuchter, bei 20,5° gesättigter Luft erzeugte Druckzunahme; vorausgesetzt, dafs feuchte und trockene Luft sich nicht merklich verschieden an der warmen Glasplatte erwärmen.

Vergleicht man nun den ersten Werth (1,75 mm) mit dem in der zweiten Reihe der Columne 10 von Tabelle 15 und 16 aufgeführten (welchen ich erhielt, als die Strahlen der Bunsen'schen Flamme durch die Birminghamplatte und die den Absorptionsapparat verschliefsende Steinsalzplatte zu der eingeschlossenen, bei 13° bis 15° gesättigten Luft gelangten), so ergiebt sich wiederum eine recht gute Uebereinstimmung. Beachtet man, dafs die mit Glasplattenverschlufs gefundenen Werthe der durch Absorption von Wärme in kohlensäurehaltiger Luft resp. in feuchter Luft entstandenen Druckerhöhung *beide* nur etwas kleiner sind als die entsprechenden Werthe, welche mit Steinsalzverschlufs und zwischengehaltener Glasplatte erhalten wurden, so darf man wohl schliefsen, dafs die Steinsalzplatte bei meinen auf S. 91 u. ff. mitgetheilten Versuchen mit feuchten Gasen keinen merklich störenden Einflufs geübt hat.

Die zuletzt besprochenen Versuche ergeben aufserdem, dafs man bei der Untersuchung von Wasserdampf auf Absorption nicht ausschliefslich auf die Anwendung von Steinsalz zum Verschliefsen des betreffenden Absorptionsapparates angewiesen ist; man kann auch Glasplattenverschlüsse anwenden. Nur wäre es in diesem Fall, und besonders wenn es sich um genauere Bestimmungen handeln würde, unumgänglich nöthig, dafs dem Cylinder des Pantographen eine durchaus gleichmäfsige Bewegung ertheilt würde, was durch ein besseres Uhrwerk, als das von mir benutzte, wohl zu erreichen wäre.

Dafs die temporäre Druckzunahme, welche in feuchter Luft durch Bestrahlung entsteht, nicht ihren Grund haben kann in der hygroskopischen Eigenschaft des Steinsalzes, mit welchem der Apparat verschlossen ist, wurde, wie oben schon erwähnt, auch noch mit Hülfe eines besonderen Ap-

parates, bei welchem die Steinsalzplatte durch eine Atmosphäre von trockenem Wasserstoff von der feuchten Luft getrennt war, nachgewiesen. Die Einrichtung des Apparates soll an der Hand der Fig. 19, welche zwei Verticalschnitte desselben darstellt, erläutert werden. A ist der oben beschriebene Absorptionsapparat nach Entfernung der Steinsalzplatte; derselbe ist mittelst 6 Schrauben in einer aus der Zeichnung leicht ersichtlichen Weise luftdicht mit einer Messingplatte a a verbunden. Letztere ist auf einem eisernen, mit vier Füfsen versehenen Gestell, das auf einer Tischplatte festgeschraubt wird, gelagert; der Oeffnung von A entsprechend ist die Platte kreisförmig ausgeschnitten; ihre obere Fläche ist sorgfältig eben geschliffen. Auf a a liegt eine zweite, auf der unteren Seite eben geschliffene Messingplatte b b, die zwischen zwei festen Schienen in der Richtung des gezeichneten Pfeiles verschiebbar ist; ein luftdichter Verschlufs wird durch Wachs-Vaselinefett hergestellt. Die Platte b b ist mit einer A sehr ähnlichen, aber kürzeren Röhre B gerade so verbunden, wie a a mit A; in der gezeichneten Stellung des Schlittens bilden somit A und B gewissermafsen nur eine einzige, längere Röhre; durch Verschieben des Schlittens kann B von A getrennt werden. Auf B ist gerade so wie bei den früheren Versuchen auf A die Steinsalzplatte und der Schirm H befestigt. Dicht über dem Schirm ist der Bunsen'sche Brenner, diefsmal ohne Schornstein, horizontal aufgestellt, so dafs die Bestrahlung des Gases wie früher mit dem Oeffnen des Brennerhahnes anfängt. B ist durch das obere Ansatzröhrchen mit der Marey'schen Trommel verbunden.

Die Versuche fingen nun damit an, dafs in A feuchte Luft und in B reiner Wasserstoff eingeführt wurde, wobei selbstverständlich A von B getrennt war. Hatte das Durchströmen so lange gedauert, dafs man annehmen konnte, dafs alle anderen Gase verdrängt waren, so wurden die Hähne, welche die Verbindung von A und B mit der äufseren Atmosphäre, resp. mit den Entwickelungsapparaten herstellten, geschlossen. Darauf wurde der Inhalt von B durch einen

Bestrahlungsversuch auf seine Reinheit untersucht; ergab sich dabei, dafs der Wasserstoff wirklich rein war, so wurde der Schlitten so weit verschoben, dafs A und B gerade über einander standen, und sofort nachher ein Bestrahlungsversuch ausgeführt. Die Zeit, die zwischen dem Verschieben von B und dem Anfang der Bestrahlung verlief, war so kurz, dafs der in A enthaltene Wasserdampf unterdessen nicht bis zur Steinsalzplatte gelangen konnte. Ergiebt sich somit, dafs die Bestrahlung eine temporäre Druckerhöhung zur Folge hatte, so kann dieselbe sicher nicht von einer auf der Steinsalzplatte abgelagerten Wasserschicht herrühren.

Das Resultat der mit diesem Apparat angestellten Versuche war, dafs jedesmal, wenn A mit feuchter Luft, oder auch mit kohlensäurehaltiger Luft und B mit reinem Wasserstoff gefüllt war, eine temporäre Druckerhöhung durch Bestrahlung erzeugt wurde, deren Betrag im Allgemeinen etwas kleiner war als der mit dem einfachen Absorptionsapparat früher gefundene; die Gestalt der Curven ist aber genau dieselbe, wie die der früheren. Angaben über die Gröfse der temporären Druckzunahmen sind zwecklos, da die Versuchsanordnung, wie z. B. die Aufstellung des Bunsen'schen Brenners mit sich bringt, dafs eine nummerische Vergleichung dieser Gröfse mit früher erhaltenen Werthen nicht gestattet ist.

Ich will nur noch erwähnen, dafs Controlversuche, bei welchen A mit reiner Luft gefüllt war, angestellt wurden. Auch wurde einigemale der Inhalt von B allein untersucht, nachdem A und B während eines Bestrahlungsversuches mit einander in Verbindung gestanden hatten; der Zweck dieser Versuche war, zu erfahren, ob während der Bestrahlung eine merkliche Quantität Wasserdampf von A in B hinüber diffundirte; diese Menge erwies sich immer als sehr gering.

Bei der dritten Versuchsreihe, welche zur Entkräftung des Einwandes angestellt wurde, dafs der auf der Steinsalzplatte condensirte Wasserdampf möglicherweise die auf S. 65 u. ff. beschriebenen Erscheinungen erzeugt haben könnte, war die Steinsalzplatte auf der nach Innen gekehrten Seite

mit Schellack überzogen und dadurch eine directe Berührung von Steinsalz und feuchter Luft vermieden.

Das Firnissen des Steinsalzes kann ohne Gefahr für die Platte geschehen, wenn man die Platte, sowie die Lösung von Schellack in absolutem Alkohol vorher etwas erwärmt, so dafs der Firnifs rasch trocknet. Die Aufstellung des Apparates war dieselbe wie beiden auf S. 91 u. ff. mitgetheilten Versuchen; die Bestrahlung geschah durch die Bunsen'sche Flamme oder einen Kolben mit siedendem Wasser.

Das Resultat der Untersuchung ist nun, dafs die mit beiden Wärmequellen erhaltenen Bestrahlungscurven kaum von den bei ungefirnifster Steinsalzplatte erhaltenen zu unterscheiden sind; die temporären Druckerhöhungen sind zwar etwas kleiner als die bei ungefirnifster Platte gefundenen, was leicht durch die von der Schellackschicht ausgeübte Absorption zu erklären ist, aber im Wesentlichen war das Verhalten der feuchten und trockenen Luft in beiden Fällen genau dasselbe.

Das Firnissen des Steinsalzes dürfte sich vielleicht immer empfehlen, wenn man ein Feuchtwerden der Platte vermeiden will und eine geringe Abnahme der Diathermansie derselben nichts schadet.

---

§ 14. Ich komme nun schliefslich zu der Mittheilung von Versuchen, die mit einem auf die Siedetemperatur des Anilins erwärmten Absorptionsapparat ausgeführt wurden.

Der besonders zu diesem Zweck construirte Apparat hat folgende Einrichtung (vgl. Fig. 20, 21 und 22) : Der die zu prüfenden Gase enthaltende eigentliche Absorptionsapparat A ist eine 3 cm weite, 7 cm lange, innen polirte und vergoldete Messingröhre von 0,4 cm Wandstärke. Auf der einen (linken) Seite ist dieselbe durch eine mit reinem Zinn aufgelöthete, vergoldete Messingplatte verschlossen; auf der anderen Seite ist von der Röhrenwand inwendig ein Theil abgedreht, so dafs nur noch ein schmaler Ring stehen bleibt, wie es am besten aus Fig. 22 ersichtlich ist. In der so ge-

bildeten ringförmigen Vertiefung paſst die Birminghamplatte resp. die Steinsalzplatte, mit welcher diese Seite der Röhre verschlossen werden soll. An je einer von zwei in der Nähe der Enden der Messingröhre gelegenen Stellen ist ein enges Kupferröhrchen mit der nöthigen Sorgfalt eingelöthet; beide Röhrchen sind, wie aus der Figur hervorgeht, nach rückwärts gebogen. Durch einen aufgesetzten Ring kann A mit dem Theil B flüssigkeitsdicht verbunden werden; die Verbindung geschieht durch 6 Schrauben, die Dichtung durch einen Zinkring, der sich von allen untersuchten Substanzen am besten bewährte. Der Theil B besteht aus einem auf beiden Seiten mit Flantschen versehenen, innen polirten und vergoldeten Röhrenstück von Messing, dessen Weite 3 cm, dessen Länge 4 cm und dessen Wandstärke 0,4 cm beträgt. A und B sind umgeben von einem cylindrischen, hartgelötheten Kupferkessel C C und mit diesem in einer aus der Zeichnung leicht zu entnehmenden Weise durch 6 Schrauben und einen zwischen gelegten Zinkring fest verbunden. Die beiden erwähnten Kupferröhrchen gehen durch Korke, welche in zwei in der Rückwand des Kessels angebrachte Oeffnungen eingesetzt sind; das eine Kupferröhrchen ist mit einem abnehmbaren Hahnstück D verbunden und führt zu den Reinigungs- und Gasentwickelungsapparaten; das andere Röhrchen steht mit der Marey'schen Trommel in Verbindung. Der Kupferkessel ruht auf zwei eisernen Trägern E E, die an einem starken Brett festgeschraubt sind. Blechschirme verhindern, daſs die von einem unter dem Kessel aufgestellten Bunsen'schen Brenner aufsteigenden heiſsen Gase an der Vorder- oder Rückwand des Kessels in die Höhe steigen. Der Kessel wird durch die oben angebrachten Tubuli mit Anilin beinahe ganz gefüllt; es gelingt dann leicht, der Flamme des untergestellten Brenners eine solche Gröſse zu geben, daſs die Temperatur des auf den Siedepunkt erwärmten Anilins während längerer Zeit genügend constant bleibt.

Die Hauptschwierigkeit, welche bei dem Zusammensetzen des Apparates zu überwinden war, besteht in der Her-

stellung eines luftdichten Verschlusses des Absorptionsapparates A, namentlich dann, wenn derselbe durch eine Steinsalzplatte verschlossen werden sollte. Ich habe dann auch ziemlich viel probirt, bis ich einen geeigneten Kitt fand, einen Kitt, der bei 182° nicht zu flüssig ist, und der bei dieser Temperatur keine Dämpfe entwickelt, welche Wärme absorbiren. Nach vielen Vorversuchen bin ich schliefslich bei dem folgenden Verfahren stehen geblieben. Wenn A mit einer Birminghamplatte verschlossen werden soll, so wird die Platte zunächst mit Hausenblase aufgesetzt; durch einige Tage hindurch bleibt dann das von den übrigen Theilen des Apparates losgetrennte Stück A im warmen Luftstrom eines brennenden Ofens stehen, damit das zum Auflösen der Hausenblase benöthigte Wasser möglichst gut verdunste; von Zeit zu Zeit wird zur Beförderung der Verdunstung Luft durchgesaugt. Die Hausenblase genügt nun noch nicht, um bei der Temperatur von 182° einen dichten Verschluſs herzustellen, denn dieselbe wird spröde und bekommt Risse; deshalb muſs noch ein anderer Kitt hinzugefügt werden. Als solchen wählte ich eine Auflösung von Copal in Schwefelkohlenstoff; die nicht sehr concentrirte, ziemlich dünnflüssige Lösung zieht sich beim Auftragen in die durch Verdunstung des Wassers in der Hausenblase entstandenen Canälchen hinein, und man erreicht durch öfteres Auftragen und Trocknen, daſs dieselben vollständig mit festem Copal ausgefüllt werden. Aber auch jetzt ist die Kittung noch nicht fertig, denn bei der Erwärmung auf 182° wird das Copal sehr dünnflüssig und entwickelt, wie die Versuche zeigten, geringe Mengen von absorbirenden Dämpfen; läſst man aber den Apparat bei dieser Temperatur noch einen oder zwei Tage stehen, so wird der Copal immer dickflüssiger und zugleich brauner, und am Ende ist von einer Dampfentwicklung nichts mehr zu bemerken. Im Ganzen vergeht somit etwa eine Woche, bis der Apparat fertig ist; dann aber kann derselbe wiederholt zu Bestrahlungsversuchen bei 182° gebraucht werden ohne daſs die Kittung Noth leidet.

Um die Steinsalzplatte aufzukitten, verfuhr ich in ähn-

licher Weise, nur mufste das erste Kitten mit Hausenblase mit Rücksicht auf die Löslichkeit des Steinsalzes in Wasser unterbleiben. Deshalb wurde gleich mit der Copallösung angefangen, und zwar wurde dieselbe öfters aufgetragen, nachdem jedesmal die vorhergehende Kittung dadurch eingetrocknet war, dafs der Apparat ungefähr einen Tag lang im warmen Luftstrom stehen blieb. Das Kitten nahm auch wieder ungefähr eine Woche in Anspruch, und erst dann wurde A in den Kupferkessel eingesetzt. Um ein Abfallen der Platte beim Erwärmen auf 182° zu verhüten, was bei der Glasplatte durch die Hausenblase verhindert war, mufste ein Ring aus vorher gut getrocknetem Kork zwischen B und die Steinsalzplatte so eingelegt werden, dafs derselbe beim Anziehen der A und B verbindenden Schrauben einen Druck auf die Platte ausübte. Nun wurde der Apparat zum erstenmale auf 182° erwärmt; da aber die oben erwähnte Veränderung des Copals noch nicht eingetreten war, sich also noch absorbirende Dämpfe entwickelten, so mufste der Apparat bei dieser Temperatur und unter fortwährendem Durchleiten von reiner Luft ungefähr 24 Stunden stehen bleiben; eine Abkühlung auf Zimmertemperatur durfte nicht mehr stattfinden, da es sonst leicht vorkommen könnte, dafs die Steinsalzplatte zersprang. Nach dieser Zeit war die Steinsalzplatte noch so schön durchsichtig wie zu Anfang und die vorher vorbereiteten Bestrahlungsversuche konnten angefangen werden.

Die Bestrahlung geschah durch die Flamme des Bunsen'schen Brenners F, der, wie aus der Figur ersichtlich ist, dicht vor dem Absorptionsapparat aufgestellt war. Der früher benutzte, von Wasser umgebene Schornstein war ersetzt durch ein kupfernes Gefäfs G, welches die Flamme möglichst vollständig umgiebt. Dasselbe war ebenfalls mit Anilin gefüllt, welches durch eine untergestellte Flamme auf der Siedetemperatur erhalten wurde. F und G sind auf geeigneten, in der Zeichnung nicht wiedergegebenen Stativen befestigt. Eine andere Wärmequelle als die Bunsen'sche Flamme habe ich nicht angewendet; nur wurden verschiedene

Versuche gemacht, um das Vorhandensein von Emission bei feuchter Luft nachzuweisen; zu diesem Zweck wurde zu einer Zeit, welche dem Anfang resp. dem Ende der Bestrahlung bei den eigentlichen Bestrahlungsversuchen entsprach, das auf 182° erwärmte Gefäfs G rasch entfernt resp. wieder vorgeschoben. Dadurch war dem Inhalt von A Gelegenheit gegeben, Wärme gegen die Wände des Beobachtungszimmers auszustrahlen.

Das Resultat dieser Versuche möchte ich nun wiederum nicht in der Form von Tabellen mittheilen, weil aus mancherlei Gründen eine nummerische Vergleichung der beobachteten temporären Druckerhöhungen mit den früheren, und zum Theil auch unter einander nicht statthaft ist. Ich ziehe deshalb vor, einige der am meisten charakteristischen Curven möglichst getreu wiederzugeben.

Die in Fig. 23, 24 und 25 dargestellten Curven wurden durch Bestrahlung mit der Bunsen'schen Flamme mit dem durch Birminghamglas verschlossenen Absorptionsapparat erhalten; die erste der drei Curven ergab sich bei reiner Luft, die zweite und dritte bei Luft, die bei 0° resp. 29° mit Wasserdampf gesättigt war. Abgesehen von der gröfseren Erhebung der drei Bestrahlungscurven über die zugehörigen Nullcuren ist die Gestalt derselben die gleiche, wie die früher mit dem durch Glas verschlossenen Absorptionsapparat bei Zimmertemperatur gefundenen (vgl. Fig. 16 und 18); der charakteristische Unterschied in den Druckcurven eines nicht absorbirenden und eines absorbirenden Gases, nämlich die rasch verlaufenden Druckänderungen am Anfang und nach Unterbrechung der Bestrahlung, ist jetzt ebenso deutlich und unverkennbar vorhanden, wie früher. Auch ist ersichtlich, dafs die durch Absorption von Wärme im Gas entstandene Druckerhöhung mit dem Gehalt an Wasserdampf zunimmt.

Von einer durch Ausstrahlung bewirkten Druckverminderung waren nur Spuren zu bemerken, deshalb ist die darauf bezügliche Curve gar nicht abgezeichnet.

Die in Fig. 26, 27 und 28 dargestellten Curven wurden mit dem durch Steinsalz verschlossenen Absorptionsapparat

erhalten; die erste bezieht sich auf die Bestrahlung von reiner Luft, die zweite auf die von Luft, welche bei 24° mit Wasserdampf gesättigt war; in beiden Fällen fand die Bestrahlung durch die Bunsen'sche Flamme statt. Es ist nun ersichtlich, dafs diese Curven sich in keinem wesentlichen Punkt von den früher bei Zimmertemperatur erhaltenen unterscheiden (vgl. Fig. 4 u. Fig. 10).

Die dritte Curve (Fig. 28) stellt eine Ausstrahlungscurve dar, die mit einer Füllung des Absorptionsapparates mit feuchter, bei 24° gesättigter Luft erhalten wurde. Die während und nach der Ausstrahlung geschriebene Curve liegt selbstverständlich diesmal unter der Nullcurve; die durch Ausstrahlung erzeugte temporäre Druckverminderung ist sehr deutlich daran zu erkennen, dafs die Curve an Stellen, welche dem Anfang resp. der Beendigung der Ausstrahlung entsprechen, in der oft besprochenen charakteristischen Weise verläuft. Durch eine Drehung um 180° dieser Ausstrahlungscurve um die zugehörige Nullcurve erhält man eine Curve, die der Bestrahlungscurve von Fig. 11 sehr ähnlich sieht. Da man vielleicht meinen könnte, dafs die beobachtete Druckverminderung möglicherweise ihren Grund habe in einem durch das rasche Entfernen des Gefäfses G entstehenden, kalten, in B eindringenden Luftstrom, welche die Steinsalzplatte von A abkühlen und dadurch mittelbar eine Abkühlung des Inhaltes von A erzeugen würde, so habe ich mich vom Gegentheil dadurch überzeugt, dafs ich bei einem anderen Versuch in B soweit wie möglich von A entfernt eine zweite, ziemlich gut passende Steinsalzplatte lose einsetzte und im übrigen ebenso, wie bei dem zuletzt besprochenen Versuch verfuhr; die nach dieser Abänderung der Versuchsanordnung gefundene temporäre Druckabnahme unterscheidet sich nicht merklich von der vorherigen. Auch ist noch zu erwähnen, dafs eine derartige Druckänderung nicht zu bemerken war, wenn reine Luft im Apparat eingeschlossen war, und der Versuch in derselben Weise aufgeführt wurde wie bei feuchter Luft.

Das Resultat, dafs feuchte Luft von 182° ein merkliches

Emissionsvermögen besitzt, war übrigens auf Grund der oben mitgetheilten Versuche, welche zeigen, dafs feuchte Luft Strahlen, die von einer Wärmequelle von 182° kommen, absorbirt, auch zu erwarten. Die Thatsache, dafs dieses Resultat sich wirklich ergeben hat, darf deshalb ebenfalls als eine Stütze für die auch durch alle anderen Versuche bestätigte Ansicht gelten, dafs die bei Bestrahlung von feuchter Luft beobachteten temporären Druckzunahmen von einer durch Wasserdampf ausgeübten Absorption herrühren.

Von allen Versuchen, die darauf gerichtet waren, den Nachweis für die Unhaltbarkeit der Ansicht herbei zu schaffen, dafs jene temporären Druckänderungen durch Vaporhäsion, oder durch die hygroscopischen Eigenschaften des Steinsalzes, oder durch die Anwesenheit von flüssigen, in der feuchten Luft suspendirten Wassertheilchen zu erklären seien — von all diesen Versuchen möchte ich die mit dem auf 182° erwärmten Apparat angestellten als die wichtigsten und beweiskräftigsten bezeichnen.

Ueberblickt man aber das ganze, der Hauptsache nach mitgetheilte Beobachtungsmaterial, so kann man sich meines Erachtens nicht länger der Ansicht verschliefsen, dafs Wasserdampf die Fähigkeit besitzt, ultrarothe Strahlen (Wärme) in bedeutend höherem Mafse zu absorbiren, als dies bei den Gasen Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff der Fall ist; man wird vielmehr die Absorption von Wärme durch Wasserdampf als eine wohlbegründete Thatsache ansehen.

Giefsen, Frühjahr 1884.

III.

Ueber die Abhängigkeit der Brechungsexponenten anomal dispergirender Medien von der Concentration der Lösung und der Temperatur.

Von **Dr. G. Sieben.**

(Hierzu Taf. III.)

In dem ersten Theil dieser Abhandlung werde ich mit Rücksicht auf die Untersuchungen des Herrn v. Lang*) zeigen, dafs der absolute Werth der Brechungsexponenten concentrirter alkoholischer Cyaninlösungen in erster Linie eine Function des durch die Temperatur bedingten Cyaningehaltes der Lösung ist. Im Anschlufs an diese Versuche, welche ich theilweise schon in einer vorläufigen Mittheilung**) publicirt habe, theile ich für mehrere Cyaninlösungen die Brechungsexponenten nach der spectralen Methode und nach der Methode der totalen Reflexion mit. Der zweite Theil befafst sich insbesondere mit dem Einflufs der Temperatur auf die Brechungsexponenten solcher Cyanin- und Fuchsinlösungen, welche keinen überschüssigen Farbstoff enthalten. Die Anregung zu diesem Theile verdankte ich Herrn Professor Ketteler.

---

*) v. Lang, Ber. d. Wien. Akad. d. W. Bd. 84, Abt. II, S. 361, 1881.

**) Sieben, Ber. d. naturw. Gesellsch. zu Aachen 1882, Separatabdr. — Karl's Rep. Bd. 18, S. 737, 1882.

Die Versuche sind im Sommer 1882, theilweise schon im Sommer 1881 in dem physikalischen Laboratorium des Polytechnikums zu Aachen angestellt, und ich erfülle eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Wüllner für die freundliche und wohlwollende Unterstützung, welche derselbe mir in ausgedehntem Maſse zu Theil werden lieſs, meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Neuerdings habe ich die Untersuchungen wieder begonnen und gedenke dieselben nach der fehlenden Seite fortzusetzen.

I.

1) Es wird von Interesse sein, das bis jetzt Bekannte über die Constitution des Cyanins, welches ja vorzugsweise als anomal dispergirendes Mittel zu solchen Untersuchungen dient, sowie dessen Verhalten zu Lösungsmitteln vorauszuschicken. Von Williams *) wurde dasselbe 1860 zuerst dargestellt. Nach einer Untersuchung von A. W. Hofmann besteht die krystallisirte Verbindung aus einem nach der Formel $C_{30}H_{39}N_2J$ zusammengesetzten Jodür, welchem eine Spur des homologen Jodürs $C_{28}H_{35}N_2J$ beigemengt ist, eine Zusammensetzung, die später von Williams bestätigt wurde. Nadler und Merz**) fanden dafür letztere Formel: $C_{28}H_{35}N_2J$. Es scheinen demgemäfs zwei Farbstoffe zu existiren, nämlich das Hofmann'sche *Lepidin-Jodcyanin*, $C_{30}H_{39}N_2J$ (aus der Fabrik von Menier in Paris bezogen) und das *Chinolin-Jodcyanin*, $C_{28}H_{35}C_2J$ (von Müller in Basel bezogen). Das nach der letzten Formel zusammengesetzte ist das „Cyanin par excellence", das Cyanin, welches zu optischen Zwecken verwendet wird; es wird kurz *Jodcyanin*, im Handel auch *Chinolinblau* genannt. Die zuletzt genanten Autoren zählen nicht weniger als 7 Cyaninverbin-

*) Vgl. Will, Jahresber. d. Chemie 1860, S. 735.

**) Will, Jahresber. d. Chemie 1867, S. 512 und Wagner, Jahresber. d. chem. Technolg. 1866, S. 618.

dungen auf, welche nicht alle intensiv gefärbt sind, ein Theil sogar farblos ist.

Von Wichtigkeit scheint mir noch das von Beiden über die Löslichkeit des Cyanins in Alkohol Gesagte : Das Jodcyanin, $C_{28}H_{35}N_2J$, bildet je nach der Concentration und Temperatur der alkoholischen Lösung im Wassergehalt sich unterscheidende messinggelbe bis bronzefarbene krystallinische Körner oder cantharidengrün schillernde Prismen und Schuppen. Es ist in Aether und kaltem Wasser fast unlöslich, sehr leicht löslich in *heifsem* Weingeist und schmilzt unter Wasserverlust bei 100° zu einer bronzefarbenen, beim Erkalten zu einer strahlig-krystallinisch erstarrenden Masse. Auf 110° bis 120° erhitzt findet keine weitere Gewichtsabnahme statt. Kalter Weingeist löst kaum **1 Procent**, färbt sich aber tief dunkelblau.

Es geht daraus hervor, dafs man das Cyanin in heifsem Alkohol lösen kann, ohne dafs es eine Zersetzung erfährt, welches in so fern von Wichtigkeit ist, als alkoholische Cyaninlösungen, die anomale Dispersion zeigen sollen, durch Erwärmen auf ihre stärkste Concentration gebracht werden müssen. Bei Fuchsin ist diefs nicht unbedingt nöthig, doch gelangt man durch Erwärmen rascher zum Ziel. Um zu optischen Zwecken ein, wenigstens einigermafsen homogenes Präparat zu erhalten, ist es nöthig, das käufliche Cyanin*) mehreremal aus Alkohol umzukrystallisiren. Beim Herstellen einer concentrirten Lösung durch Erwärmen bemerkt man einen eigenthümlichen, weder dem Alkohol, noch dem festen Cyanin charakteristischen Geruch, der in dem Mafse verschwindet, je öfter man die Flüssigkeit von den Krystallen abgiefst und diese wieder in frischem Alkohol löst. Die zuerst abgegossene Flüssigkeit giebt eine dunkle, bronzefarbene klebrige Masse, die sich wieder mit tief dunkelblauer Farbe und zwar sehr leicht in Alkohol löst. Das durch dreimaliges Umkrystallisiren in cantharidengrünen Schuppen erhaltene

*) Kahlbaum in Berlin; Schuchhardt in Görlitz; Meister, Lucius und Brüning in Höchst a. M.

geruchlose Präparat löst sich in kaltem Alkohol weit schwieriger als das ursprüngliche Präparat. Den verschiedenen Präparaten ist es wohl zuzuschreiben, dafs mir seiner Zeit in Aachen*) die Herstellung einer Cyaninlösung starker Concentration auf kaltem Wege nach dem Ketteler'schen Verfahren nicht gelungen ist**). Den Versuch stellte ich zweimal an, zuerst mit dem ursprünglichen Präparat (von Schuchhardt in Görlitz bezogen), dann mit frisch umkrystallisirtem Cyanin. Aber auch das ursprüngliche Präparat ist wie anzunehmen von dem des Herrn Ketteler verschieden gewesen.

Die Löslichkeit des Cyanins in Schwefelkohlenstoff und Benzol ist eine geringe. Dagegen löst sich dasselbe mit grofser Heftigkeit in Chloroform, ohne aber aus demselben zu krystallisiren. Es entsteht eine bronzefarbige teigige Masse, die ausgezogen nur rothes Licht durchläfst, die bei völliger Verdunstung des Chloroforms hart und spröde wird und sich wieder unverändert in Alkohol löst und auskrystallisirt.

Da ich den Cyaningehalt der Lösungen durch Abdampfen des Alkohols bestimmt, und ich bei meinen neuerdings angestellten Krystallisationsversuchen einen Fehler, der mir früher entgangen ist, in diesem Verfahren entdeckt habe, so mache ich auf denselben, als in diesen Abschnitt gehörig, hier aufmerksam. Dampft man die Lösung in einem Luftbad durch Erhitzen auf 70° ab, so bildet sich bei vorsichtigem Verfahren zuletzt eine Cyaninhaut, unter welcher noch Alkohol zurückbleibt, auch wenn man noch einige Zeit erwärmt und dann durch das Wassergebläse Luft saugt. Bläht sich aber das Cyanin auf, so findet man stets ein geringeres Gewicht. Da ich bei diesen Bestimmungen das Aufblähen vermieden habe, so ist durchweg der Cyaningehalt der Lösungen (namentlich der concentrirteren) als zu grofs gefunden. Bei Fuchsin ist diefs weniger der Fall.

*) Ich habe die Krystallisationsversuche erst jetzt angestellt.

**) Vgl. Tabelle V und VI.

Aus folgender Tabelle ist für Cyanin das eben Gesagte deutlich zu ersehen. Beweist schon die anfangs raschere Gewichtsabnahme, dafs es nur Alkohol ist, der verdunstet, nicht etwa Cyanin, so geht es noch eclatanter daraus hervor, dafs eine Gewichtszunahme wieder eintritt, wenn man abermals in Alkohol löst. Der Kolben wurde ruhig auf der Wage stehen lassen und in gröfseren Zeiträumen gewogen.

Tabelle I.

1884	Kolben + Cyanin		1884	Kolben + Cyanin	
17/II	27,9697 g	In Intervallen von circa 2 zu 2 Stunden.	20/II	27,9644 g	Wieder in Alkohol gelöst; gab eine Blase beim Abdampfen
	9680		21/II	9570	
	9962		22/II	9553	
	9623		24/II	9540	
19/II	9576		24/II	9696	Wieder in Alkohol gelöst, keine Blase beim Abdampfen.
20/II	9566				Luft gesogen als noch steifflüssig.

Berechnet man aus dem ersten Gewicht vom 17/II und aus dem vom 20/II (27,9566) den Procentgehalt der Lösung, so erhält man im ersten Fall 1,41 Proc. und im zweiten 1,28 Proc.

2) Die Apparate.

Zur Messung der Brechungsexponenten standen mir drei Spectrometer von Meierstein zur Verfügung, ein grofses, mit einem in 6 Min. getheilten Kreis und Mikroskop mit Trommel, woran 2 Secunden abgelesen werden konnten; ein mittleres und ein kleines, die je 10 Secunden abzulesen gestatteten. Ersteres diente zur Bestimmung der Exponenten nach der Methode der minimalen Ablenkung; die beiden anderen wurden zur Bestimmung derselben nach der Methode der totalen Reflexion benutzt und in der später zu besprechenden Weise combinirt.

Das Kundt'sche Prisma hatte einen brechenden Winkel

von beiläufig 45°. Durch die Oeffnung des mit Hausenblase aufgeleimten Deckels ragte luftdicht ein in 0,1° getheiltes Thermometer in den Hohlraum. Beim Erwärmen wurde aufserdem ein Capillarröhrchen in den Luftraum eingeführt.

Das Prisma, welches zu den Versuchen der totalen Reflexion diente, war ein breites und hohes, an keiner Seite matt geschliffenes Flintglasprisma, auf dessen eine Fläche der ganzen Ausdehnung nach ein Hohlgefäfs von circa 15 bis 20 ccm Inhalt, aus Gummiplatten ausgeschnitten, geleimt war. Dasselbe diente zur Aufnahme der Lösung und konnte durch einen Gummistopfen mit eingestecktem Thermometer luftdicht verschlossen werden.

Um zu zeigen, dafs die anomale Dispersion von der Menge des aufgelösten Cyanins abhängig ist, und um zu sehen wie dieselbe zunimmt, beziehungsweise abnimmt, wenn sich durch Erwärmen des Alkohols mehr Cyanin löst, oder durch Erkalten ausscheidet, wurde das Erwärmen der viel überschüssiges Cyanin enthaltenden Lösung im Prisma auf dem Spectrometer vorgenommen. Durch ein spiralförmiges, unter das Tischchen des Spectrometers gelegtes dünnes Bleirohr wurde Wasserdampf geleitet und die Platte so tief geschraubt, dafs sie das Bleirohr berührte. Um allzurasche Wärmeabgabe zu verhindern, war das Prisma mit einer passend durchschnittenen Hülle aus Pappdeckel umgeben, durch deren obere Oeffnung das Thermometer ragte. So konnte nach halbstündigem Erwärmen die Temperatur auf 63 bis 65° constant gehalten werden. Zum Vortheil des Prismas wurde jedoch selten über 55° erwärmt.

Als Lichtquelle benutzte ich neben Sonnenlicht eine Geifsler'sche Wasserstoffröhre mit longitudinaler Durchsicht, deren Wasserstoff durch einen grofsen Rühmkorff mit Quecksilberunterbrecher in's Glühen gebracht wurde. Einigemal wurde auch eine Edelmann'sche Lampe mit Luftgebläse angewendet. Zur Orientirung in den Fraunhofer'schen Linien und zur Bestimmung der Wellenlängen diente mir ein von Herrn Prof. Wüllner freundlichst zur Verfügung gestelltes Constantenbuch, in welchem für ein Flintglasprisma

von 60° 3′ 30″ br. W. die Ablenkungswinkel und Wellenlängen eingetragen waren. Zur Controle wurden die Wellenlängen noch nach der Formel von Christoffel*) aus den Fraunhofer'schen Linien B und F berechnet und in guter Uebereinstimmung gefunden.

Um das Einstellen auf die Fraunhofer'schen Linien zu erleichtern, besonders aber um bei concentrirten Cyaninlösungen die richtigen Linien zu finden, wurde eine Combination von zwei homogenen Gläsern, einem rothen und einem blauen, senkrecht vor den Spalt gebracht, dafs das einfallende Lichtbündel durch die horizontale Berührungskante beider Gläser halbirt wurde. Das blaue Glas (Kobaltglas) liefs Licht von A bis B inclusive und etwa von b ab den übrigen Theil des Spectrums durch; das rothe Glas nur Licht von A bis etwas über B, nicht mehr C, welche letztere auch von Cyaninlösungen starker Concentration absorbirt wird.

Das benutzte Cyanin stammte aus der Fabrik von Schuchhardt in Görlitz, das Fuchsin aus der von Meister, Lucius und Brüning in Höchst a. M. Wenn es nicht ausdrücklich anders gesagt ist, so ist zu den Versuchen das käufliche Cyanin direct verwendet worden. Als Lösungsmittel benutzte ich Alkohol und Chloroform.

3) **Beobachtungsweise. — Fehlergröfsen.**

a) *Spectrale Methode.* — Das Prisma wurde mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt, mit Talg auf dem Tischchen des Spectrometers befestigt, so gestellt, dafs die Linien scharf sichtbar waren, der brechende Winkel bestimmt, dann bei minimaler Ablenkung und der herrschenden Temperatur die Brechungsexponenten, darauf erwärmt und die Bestimmung derselben bei fallender Temperatur vorgenommen. Mit Hülfe eines am Fernrohr angebrachten Gaufs'schen Oculars wurde sich jedesmal überzeugt, dafs die brechende Kante des Prismas senkrecht stand. Sollte festes Cyanin gelöst werden, so wurde das Tischchen mit Prisma heruntergenommen

*) Christoffel, Pogg. Ann. Bd. 117, S. 27.

und geschüttelt. Letzteres kam so immer wieder in dieselbe Stellung. Ein Erwärmungsact nahm bis zur Abkühlung auf die Zimmertemperatur in der Regel $1^1/_2$ bis 2 Stunden in Anspruch. Am Schlusse eines jeden Versuches wurde wieder der br. W. bestimmt, dessen Aenderung höchstens 5 bis 6 Secunden betrug. Die minimale Ablenkung wurde für jede Linie controlirt, beziehungsweise bei einer und derselben Linie in kurzen Zeiträumen revidirt, ebenso die directe Einstellung. Da sich die letztere aber durchaus nicht änderte, so wurde sie nur am Anfang und am Ende einer Versuchsreihe abgelesen. Unsichere Beobachtungen sind in den Tabellen mit einem Stern bezeichnet. Wenn ich auch durch die gröfste Vorsicht die Beobachtungsfehler auf ein Minimum zu reduciren bestrebt war, so konnte es mir doch nicht gelingen, denjenigen Fehler, der durch den der Zeit nach nicht coïncidirenden Moment der Einstellung auf eine Linie mit der Ablesung der Temperatur entstand, vollständig zu beseitigen. Obschon zwischen Einstellung und Ablesung der Temperatur in der Regel kaum 1 Secunde verging, so wurde doch, insbesondere bei hohen Temperaturen, eine etwas zu niedrige Ablesung gemacht. Es dürfte gerade dieser Fehler die Genauigkeit der Brechungsexponenten hoher Temperaturen am meisten beeinflussen. Wenn man noch bedenkt, dafs die Fraunhofer'schen Linien im Spectrum concentrirter Lösungen sehr verbreitert erscheinen, so tritt für diese Lösungen noch eine weitere Unsicherheit hinzu. Alles in allem gerechnet glaube ich den durchschnittlichen Fehler auf 6 bis 8 Einheiten der 5. Decimale des Brechungsexponenten annehmen zu müssen.

Die beiden angewendeten Thermometer wurden öfter mit einander verglichen und ihre Nullpunkte zeitweise controlirt.

Da in einer concentrirten Lösung das Licht die äufserste Kante des Prismas zu passiren hat, während es in dünneren Lösungen und im Lösungsmittel mehr in der Mitte desselben durchfällt, so wird man sich fragen, ob die so erhaltenen Exponenten schlechthin mit einander zu vergleichen sind.

Ich habe mich auf die Untersuchung dieser Frage genauer eingelassen und gefunden, dafs sowohl für ein Flintglasprisma, als auch für Alkohol im 45° Kundt'schen Hohlprisma*) durchweg dann gröfsere Exponenten sich ergeben, wenn das Licht nahe der brechenden Kante durchfällt, als wenn es seinen Weg durch die Mitte des Prismas nimmt. Es bleibt also bei feststehendem Fernrohr und beim Verschieben des Prismas eine fixirte Linie nicht im Fadenkreuz, wenn man wieder auf's Minimum einstellt; eine Fehlerquelle, die wie mir scheint, bei ähnlichen früheren Untersuchungen unberücksichtigt geblieben ist. Einige der Beobachtungen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Die minimale Ablenkung, sowie die Senkrechtstellung der br. Kante wurde genau fixirt und jede Beobachtungsreihe bei derselben Stellung des Prisma's ausgeführt.

Tabelle II.

Flintglasprisma **) br. W. 59°54′0″.

Fraunh. Linien	Kante		Mitte		Differenz
	Ablenkungsw.	Brechungsexp.	Ablenkungsw.	Brechungsexp.	Δ_{k-m}
A	47°22′1″	1,61292	47°21′22″	1,61280	+ 12
a	32′15″	1,61468	31′41″	1,61458	+ 10
B	41′42″	1,61631	41′19″	1,61624	+ 07
F	49°32′54″	1,63523	49°32′0″	1,63508	+ 15.

Tabelle III.

Alkohol, br. W. 44°18′58″.

Fraunh. Linien	t	Kante I ganz vorn	t	Kante II etwas zurück	t	Mitte	$K_I - K_{II}$	$K_I - m$	$K_{II} - m$
A	—	nicht sichtbar	20,2	1,35858	20,4	1,35838	—		+ 20
a	20,7	1,35923	—	—	20,7	1,35903	—	+ 20	—
F	20,7	1,36667	20,2	1,36662	20,4	1,36645	+ 5	+ 22	+ 17
G	20,6	1,37065	20,2	1,37041	20,4	1,37027	+ 24	+ 38	+ 14
H_1	20,6	1,37412	20,2	1,37358	20,4	1,37338	+ 54	+ 74	+ 20.

*) Von Steinheil angefertigt.

**) Nicht dasselbe, welches zu Beobachtungen nach der Methode der totalen Reflexion diente.

Früher habe ich*) sowohl für Alkohol, als für Lösungen in Kundt'schen Prismen von 45°, 30°, 16° br. W. ähnliche Differenzen gefunden, und zwar ergaben diejenigen mit kleinerem br. W. stets gröfsere Exponenten.

Offenbar haben wir es hier mit einer (zufällig) in demselben Sinne wirkenden Fehlerquelle zu thun, die in der convexen (beziehungsw. concaven) Krümmung der die Prismen begrenzenden Flächen zu suchen ist. Diese Vermuthung bestätigten meine im Laufe dieses Sommers mit verschiedenen, mir leihweise von den Herren Schmidt und Haensch in Berlin zur Verfügung gestellten Flintglasprismen von 60° br. W. und mit einem grofsen Spectrometer von Meierstein angestellten Versuche. Die seitlichen Strahlen des Collimator-Objectivs wurden abgeblendet und nur ein 1,5 cm hohes und 1 cm breites Lichtbündel auf das Prisma fallen lassen. Alle Prismen, mit Ausnahme eines einzigen, ergaben Differenzen in demselben Sinne wie oben, und zwar schwankten dieselben für $D_{\text{Kante-Mitte}}$ zwischen + 0'10" und + 1'29"; das eine ergab eine negative Differenz : $D_{\text{Kante-Mitte}} =$ — 2'29". An der Kante wurden die Prismen immer so gestellt, dafs kein Licht vorbeiging, sondern alles noch auf's Prisma fiel.

Die positiven Differenzen entsprechen Prismen mit convexer, die negativen solchen mit concaver Krümmung der Flächen, wie eine Prüfung mit Hülfe der Newton'schen Farbenringe erkennen liefs. Nachdem die Herren Schmidt und Haensch an ihren Schleifvorrichtungen den Fehler eliminirt hatten, wurde ein Kundt'sches Hohlprisma von 30° br. W. angefertigt, bei welchem die erwähnten Differenzen nicht vorhanden sind und welches an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig läfst.

Bei dem zu diesen Untersuchungen dienenden und mit dem erwähnten Fehler behafteten Hohlprisma suchte ich denselben dadurch zu eliminiren, dafs ich, wie schon gesagt, dem Prisma in einer Versuchsreihe immer wieder dieselbe

*) Dissertation, Bonn 1879, S. 44.

Stellung gab, wenn es einmal vom Spectrometer genommen werden mufste. Für dünnere Lösungen und das Lösungsmittel gab ich ihm nur annähernd diese Stellung, weil die Linien dann schärfer zu sehen waren, wenn das Licht weiter hinten durchfiel. Die Differenzen für diese Stellungen sind jedoch bei weitem nicht so grofs wie in Tabelle III, wo ziemlich extreme Durchgänge genommen wurden, so dafs die Exponenten immerhin unter sich verglichen werden können.

b) *Methode der totalen Reflexion.* — Da durch Vergleichung der Brechungsexponenten nach dieser Methode und nach der Methode der minimalen Ablenkung die Hinfälligkeit von v. Lang's Behauptung — dafs nämlich für stark absorbirende Medien die letztere nicht angewendet werden könne*) — constatirt werden sollte, so wurde im Princip sein eigenes Beobachtungsverfahren eingeschlagen. Die Apparate weichen etwas ab.

Der Reflexionsapparat bestand aus dem erwähnten Flintglasprisma mit aufgeleimtem Hohlgefäfs. Derselbe wurde auf dem Tischchen des einen kleinen Meierstein'schen Apparates (I) mit Talg befestigt, senkrecht gestellt und so vor dem zweiten Spectrometer (II) aufgestellt, dafs die Strahlen, welche aus dem Beobachtungsfernrohr traten, senkrecht zur Axe des Prismas des Reflexionsapparates auffielen. Das Prisma auf dem Spectrometer II war ein Flintglasprisma vom br. W. 60°3'30" (dasselbe, mit welchem die Ablenkungswinkel für die Fraunhofer'schen Linien in dem Constantenbuch bestimmt waren). Die Axen der beiden Fernröhre von I und II lagen parallel den Theilkreisen und in derselben Horizontalebene. Die der total reflectirenden Fläche gegenüber liegende Kante und die brechende Kante des Prismas auf II standen nach derselben Richtung. Durch Drehen des Reflexionsapparates (des Tischchens) auf dem Spectrometer I und eventuell des Prismas auf II gelingt es, nach einiger Uebung eine solche Stellung zu finden, wo die Grenze der totalen Reflexion zunächst mit blofsem Auge,

*) v. Lang, l. c.

dann durch das Fernrohr von schwacher Vergrößerung auf I zu beobachten und der Reihe nach mit jeder Fraunhofer'schen Linie zur Coïncidenz zu bringen ist. Da jedoch die Vergrößerung eine zu starke war, so nahm ich, nachdem die Apparate richtig standen, das Fernrohr vom Spectrometer II herunter und ließs das vom Prisma erzeugte Spectrum direct auf den Reflexionsapparat fallen. War durch Drehen des Reflexionsapparates die Grenze mit einer Fraunhofer'schen Linie zur Coïncidenz gebracht, so wurde das Fadenkreuz des Fernrohrs I darauf eingestellt und hierauf jedesmal die Senkrechtstellung gegen die Prismenfläche mit Hülfe des am Fernrohr angebrachten Gaufs'schen Oculars gemacht. Aus beiden Ablesungen ergab sich der Austrittswinkel i.

Die Winkel des Reflexionsprismas sind genau mit Hülfe des grofsen Spectrometers, sowohl nach der Gaufs'schen Methode, als durch Reflexion des Spaltbildes, bestimmt worden. Als Mittel wurde gefunden :

α	β	γ
59°58′38″	60°3′52,5″	59°57′18″.

Die total reflectirende Fläche war, sowohl bei den Bestimmungen der Indices für das Prisma, als auch bei denjenigen für die Lösungen, die dem Winkel β gegenüberliegende. Der Winkel γ stand nach der Seite der einfallenden, der Winkel α nach der der austretenden Strahlen.

Um Uebung und Sicherheit in der Bestimmung der Brechungsexponenten nach dieser Methode zu erlangen, machte ich eine grofse Anzahl Beobachtungen für Flintglas, Alkohol und Cyaninlösungen, ehe ich zu den definitiven Messungen schritt. Für die beiden erstgenannten Medien ist die Grenze der totalen Reflexion in allen Theilen des Spectrums mit genügender Schärfe zu sehen, besonders wenn dieselbe in Bewegung begriffen ist. Für Cyaninlösungen ist aber die Einstellung mit Schwierigkeiten verknüpft und ist für das Absorptionsgebiet bei Lösungen über eine gewisse Concentration hinaus unmöglich. Man ist also auch bei der Anwendung dieser Methode in der Concentration der Lö-

sungen beschränkt, und zwar beschränkter als bei der der minimalen Ablenkung. Für sehr concentrirte Lösungen (etwa solchen auf warmem Wege erhalten) ist überhaupt nichts von totaler Reflexion, auch in dem rothen Theil des Spectrums, wahrzunehmen.

Um die Temperaturschwankungen, die durch die Beleuchtung der Nonien entstanden, zu vermeiden, wurde mit Hülfe einer Linse von grofser Brennweite von einem entfernt angebrachten Argand'schen Brenner Licht auf die Nonien geworfen. Es sind hier jedoch geringe Temperaturänderungen sowie auch geringe Aenderungen in der Concentration nicht von merklichem Einflufs auf den Brechungsexponenten.

Die einzelnen Einstellungen, von welchen mindestens 6 auf eine Linie gemacht wurden, variirten manchmal bis zu $\pm$ 40 Secunden. Diese Unsicherheit stieg für die Regionen, in welchen die Grenze nicht deutlich zu sehen war, oft bis zu $\pm$ 1 Minute 20 Secunden. Im letzten Fall wurden dann 10 bis 12 Einstellungen gemacht (d. h. die Grenze immer wieder von neuem coïncidiren lassen). Eine Differenz von 10 Secunden im Austrittswinkel i hat bei Glas einen Einflufs von 3 bis 4 Einheiten, bei einer Flüssigkeit von 2 bis 3 Einheiten auf die 5. Decimale des Exponenten. Es sind somit die nach dieser Methode bestimmten Indices, unter Berücksichtigung der oft wiederholten Einstellungen und des sehr geringen Einflusses der Temperatur, als in denselben Grenzen sicher anzunehmen, wie die nach der Methode der minimalen Ablenkung bestimmten. Im übrigen würde auch schon die 4. Decimale hinreichend sein, die vollkommene Uebereinstimmung der Brechungsexponenten nach den beiden Methoden zu verificiren.

4) **Resultate nach der spectralen Methode.**

A. *Cyanin in Alkohol.*

a) Die concentrirten Cyaninlösungen auf kaltem Wege, d. h. ohne Erwärmen des Alkohols erhalten, ergeben mit

geringen Unterschieden, welche hauptsächlich durch die verschiedenen Cyanin- und Alkoholpräparate bedingt sind, für dieselben Temperaturen identische Exponenten, ohne daſs eine Anomalie wahrzunehmen ist.

Das Prisma wurde mit einer auf überschüssigem Cyanin gebildeten Lösung bei einer Zimmertemperatur von 20° C. gefüllt, noch festes Cyanin hinzugethan und folgende Exponenten beobachtet.

Tabelle IV.

Den 28. VI 82.

Fraunh. Linien	t		Dieselbe Lösung nach 5stünd. Stehen und mehrfach. Schütteln		Am folgenden Tag untersucht	
A	19,4	1,36302	19,6	1,36210	18,2	1,36230
a	19,8	1,36387	19,6	1,36336	18,5	1,36333
B		—	19,6	1,36464	18,5	1,36444
G	19,8	1,37105	19,7	1,37105	18,5	1,37134.

Für zwei Lösungen nach dem von Ketteler*) angewandten Verfahren, durch Ausdrücken einer Quantität in einem Beutelchen sich befindenden und in kaltem Alkohol erweichten Cyanin, erhielt ich folgende Resultate :

Tabelle V.

Den 30. VI 1882.

Säckchen mit 3 g Cyanin 3 Tage in 80 ccm Alkohol, bei t = 23° ausgedrückt. Cyaningehalt 1,1 Proc.

t	A	t	a	t	B	t	G	t	H_1
19,8	1,36120	19,8	1,36231		—		—		—
19,7	1,36127	19,7	1,36238	19,7	1,36345	19,8	1,37082	19,8	1,37411.

*) Ketteler, Wied. Ann. Bd. 12, S. 481, 1881. Das Verfahren wurde erst später von Pulfrich, Wied. Ann. Bd. 16, S. 341, 1882 veröffentlicht.

Tabelle VI.

Den 4. VII. 1882.

Säckchen mit 3 g frisch umkrystallisirtem Cyanin 18 Stunden in 25 ccm Alkohol. Cyaningehalt 1,2 Proc.

t	A	t	a	t	B	t	G	t	H_1		Mitte des Grün
22,8	1,36150	22,6	1,36286	22,5	1,36424	22,4	1,37042		—		—
22,2	1,36178	22,2	1,36302	22,2	1,36437	22,2	1,37064		—		—
Am folgenden Nachmittag											
20,8	1,36216	20,8	1,36334	20,8	1,36462	20,6	1,37174	20,7	1,37482	20,8	1,36387 *

v. Lang*) fand für die Exponenten der oben beobachteten Fraunhofer'schen Linien dreier concentrirter Lösungen nach der Methode der totalen Reflexion folgende Werthe :

Tabelle VII.

	t	A	t	a	t	B	t	G
Lösung								
I	16,7	1,3627	16,7	1,3653	17,8	1,3661	18,2	1,3732
II		—		—	18,3	1,3652	18,3	1,3711
III	19,2	1,3611	19,2	1,3631	19,2	1,3646	19,2	1,3715.

b) Die concentrirten Lösungen, welche durch Erhitzen des Alkohols erhalten werden, ergeben dem absoluten Werthe nach wesentlich von obigen verschiedene Indices. Erhitzt man eine überschüssiges Cyanin enthaltende Lösung auf dem Spectrometer, so sieht man, wie mit zunehmender Temperatur die Anomalie zunimmt. Die Exponenten der einzelnen Linien nehmen mit zunehmender Temperatur zu, bis zu dem Moment, wo alles Cyanin in Lösung gegangen ist, von da ab findet mit Temperaturerhöhung eine regelrechte Abnahme statt. Aus nachstehender Tabelle VIII ist also zu ersehen, wie von 52,5

*) v. Lang, l. c.

bis 32° die Exponenten von A *) der Temperaturabnahme entsprechend zunehmen, weil bis dahin die Concentration der Lösung dieselbe bleibt. Nun beginnt die Krystallisation. A ist nicht mehr sichtbar, erst bei 26,8° ist es wieder wahrzunehmen. Die Exponenten nehmen nun aber, weil sich fortwährend Cyanin ausscheidet, mit abnehmender Temperatur rasch ab und sind für die kalte Lösung wieder nahezu ihrem ursprünglichen Werthe gleich.

Die Quantität des in Lösung enthaltenden Cyanins ist für correspondirende auf- und absteigende Temperaturen nicht dieselbe. Die Krystallisation beginnt in der Regel nach kurzer Zeit (1/2 Stunde), etwa zwischen 32° und 29°. Bei 35° fallend ist sicher noch alles Cyanin in Lösung, während bei 35° steigend die gelöste Quantität noch weit von dem Maximum entfernt ist, wie auch ein späterer Versuch zeigt. Die Temperatur wurde etwa 1/2 Stunde auf 53° constant gehalten. Der Exponent für 50,6° ist bei steigender Temperatur beobachtet; es war also bei 50,6° noch nicht alles Cyanin in Lösung, denn der Exponent für 52,5° ist gröfser. Aus der Gleichheit der Exponenten, z. B. für 50,6 (steigend) und 22,3° (fallend) ist nicht auf gleiche Concentration der Lösung zu schliefsen. Die Gröfse des ersten ist durch die hohe Concentration, die des zweiten durch die tiefe Temperatur bedingt; bei ersterem wirkt die hohe Temperatur, bei letzterem der geringe Cyaningehalt der Lösung verkleinernd. (Siehe Tabelle VIII, S. 156.)

---

*) Andere Linien waren leider nicht beständig sichtbar. Da A schon bedeutend anomal dispergirt wurde, also im violetten Theil des Spectrums lag, so war es nur unter Vorsetzung des rothen Glases gut, aber sehr verbreitert, zu sehen.

Tabelle VIII.

Den 5. VI 1882.

A		Bemerkungen	a		Bemerkungen	B		G		H_1	
50,6	1,36849	bei steig. Temp. beob.	—	—		—	—	—	—	—	—
52,5	36863	bei fallender Temp. beob.	—	—		—	—	—	—	—	—
49,1	37035	scharf	—	—		—	—	—	—	—	—
47,6	37112	„	—	—		—	—	—	—	—	—
46,3	37139	„	—	—		—	—	—	—	—	—
45,2	37212	„	—	—		—	—	—	—	—	—
43,8	37242	„	—	—		—	—	—	—	—	—
39,0	37421	„	—	—		—	—	—	—	—	—
35,4	37457	„	—	—		—	—	—	—	—	—
32,0	37503	schwach	—	—		—	—	33,0	1,37046	—	—
31,0	—	Keine Linien sichtbar, selbst A nicht.									
29,0	—		—	—		—	—	—	—	—	—
26,8	37490	schwach	—	—		—	—	—	—	—	—
24,1	37334	sehr scharf	23,3	1,37400	Jetzt erst zum Einstellen sichtbar	—	—	—	—	—	—
24,0	37258	„	23,2	37369							
23,8	37239	„	23,0	37308	scharf	—	—	—	—	—	—
23,4	37163	„	22,7	37241	„	—	—	—	—	—	—
23,3	37163	rasch nach 23,4	22,4	37173	„	—	—	—	—	—	—
23,0	37088	scharf	22,3	37098	„	—	—	—	—	—	—
22,6	36994	„	22,3	37074	„	—	—	—	—	—	—
22,4	36933	„	22,3	37043	$^3/_4$ Std. nach der Erwärmung	—	—	—	—	—	—
22,3	36850	„	22,2	37023	scharf	—	—	—	—	—	—
22,2	36807	$^3/_4$ Std. nach der Erwärmung	22,1	36977	„	—	—	—	—	—	—
22,1	36781	scharf	22,0	36951	„	—	—	—	—	—	—
22,1	36770	3-5 Min. später	22,0	36832	„		—	—	—	—	—
22,0	36649		22,0	36812	„						
Am anderen Morgen:											
20,4	1,36262	sehr scharf	20,5	1,36379	scharf	20,6	1,36486	20,2	1,37199		—
20,5	1,36250	„	20,6	1,36367	„	20,7	1,36480	20,5	1,37164		—
Am anderen Nachmittag (also 24 Std. seit der Erwärmung gestanden):											
20,9	1,36235		21,0	1,36341	scharf	21,1	1,36462	21,1	1,37144	21,2	1,37713

Um einen Begriff von der Anomalie dieser Lösung zu bekommen, theile ich sowohl für 53°, wo also alles Cyanin gelöst war, als auch 24 Stunden nach dem Aufhören des Erwärmens für 20,5° die Brechungsexponenten der Mitten der einzelnen Spectralfarben mit.

Tabelle IX.

Mitte des Roth		Mitte des Grün		Mitte des Blau		Mitte des Violett	
53,0	1,37631	53,0	1,34937	52,5	1,35949	52,0	1,36494
	—	41,1	1,35513	40,5	1,36621		—
20,5	1,36521	20,5	1,36165	20,6	1,36902	20,6	1,37326.

Diese Lösung wurde ein zweitesmal erwärmt und die Temperatur $^1/_2$ Stunde lang auf 50,4° constant gehalten; es setzte sich aber das Cyanin beim Abkühlen nicht wie zuerst auf dem Boden und an der Thermometerkugel fest, sondern auf den Platten und dicht an der brechenden Kante des Prismas, so dafs hierdurch die Beobachtungen der Zahl nach bedeutend beeinträchtigt wurden. Die Platten mufsten oft mit einem keilförmigen Gummiwischer gereinigt werden. (Siehe Tabelle X, S. 158.)

Die Exponenten für A, a, G zeigen bei 35° Anomalie, während bei 23° die Linien wieder normal liegen. Die zuletzt entstandene Lösung ergab einen Cyaningehalt von 1,5 Proc.; das Gewicht des auskrystallisirten Cyanins betrug 0,346 g. War alles Cyanin in Lösung, so enthielt dieselbe beiläufig 11,2 Proc.

In den vorhergehenden Lösungen ist das Maximum der Lösungsfähigkeit noch nicht erreicht. Diesem suchte ich durch den folgenden Versuch nahe zu kommen. Zu Cyaninkrystallen, welche sich im Prisma befanden, wurde eine schon bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Lösung nach vorausgegangener gelinder Erwärmung gegossen, etwas geschüttelt und nach $^1/_2$ Stunde untersucht. Darauf wurde dieselbe erwärmt, und die Exponenten bei *steigender* Temperatur beobachtet. (Siehe Tabelle XI, S. 159.)

Den 6. VI 1882.

Tabelle X.

t	A	Bemerkungen	t	a	Bemerkungen	t	B	Bemerkungen	t	G	Bemerkungen
50,2	1,37093	fallende Temp.									
41,6	37355	sehr schwach	42,3	1,37689							
37,6	37439	„	40,6	37719					39,4	1,36819	sehr scharf
35,4	37430	„	36,4	37706	sehr schwach				34,4	36990	
33,0	37435	„	35,9	37707							
32,0	37435	„	31,4	37781							
30,0	37385	„	30,3	37722		30,6	1,37947*	schwach;			
29,4	—	35 Min. nach d. Erw.	29,4	—	} nicht zu sehen.			wurde nicht mehr	29,4	—	nicht zu sehen
—	—	keine Linien sichtbar		—				wahrgenommen			
28,8	37326	schwach	28,4	37590							
28,4	37295	„	28,0	37559							
27,0	37200		26,8	37413	sehr schwach						
25,5	37026	scharf	24,4	37039							
25,4	36991	„									
24,8	36929	„									
24,4	36837	„									
24,3	36819										
24,1	36812	schwach	24,0	—	nicht sichtbar						
		1 Std. seit der Erw., Krystalle setzen sich an den Wänden in der br. Kante an. A deshalb nicht sichtbar.									
23,4	36649	sehr schwach	23,4	36681	2 Std. n. d. Erw.				23,6	37153	scharf, 2 Std. nach d. Erwärm.
23,4	36628	$^5/_4$ Std. nach d. Erw.							17,0	37368	24 Std. nach d. Erw.
		Lösung ausgegossen und verkorkt aufbewahrt, 10 Tage nachher untersucht (wegen Mangel an Sonne).									
18,0	36403		18,2	36492		18,3	36607		17,9	37316	

Mitten der einzelnen Spectralfarben

Roth		Grün		Blau		Violett	
47,7	1,37494	44,3	1,35363	46,0	1,36124	47,1	1,36883

Tabelle XI.

Den 3. VII 1882

t	A	Bemerkungen	t	B	t	G	t	H_1
21,2	1,36425	vor dem Erwärmen						
21,4	1,36429	„	21,4	1,36650	21,3	1,37233	21,1	1,37587
		Erwärmt von $11^h\ 50^m$ bis $2^h\ 40^m$ und auf $57{,}8^0$ constant gehalten						
53,8	1,40046	20 Min. nach dem Beginne geschüttelt; A ist auffallend verbreitert, aber scharf.						
53,8	1,40077	35 Min. nach dem Beginne des Erwärmens		—	53,8	1,37093 *		
54,7	1,40750	45 Min. nach dem Beginne des Erwärmens			53,8	1,37143 *		
		Um $1^h\ 45^m$ noch festes Cyanin in's Prisma gethan.						
53,3	1,41302							
55,6	1,43092	sehr schwach und breit						
57,8	1,43352	„						
57,0	1,43430	bei fallender Temperatur beobachtet $2^h\ 40^m$	57,0	1,45501 *	54,8	1,37237*		
		Das Auskrystallisiren an den Platten des Prismas verhinderte bei weiterem Fallen der Temperatur zu beobachten; beim Abwischen mit dem Gummiwischer beschlugen sich dieselben sofort wieder.						
—	—	A nicht zu sehen	23,0	1,37080 *	23,0	1,37275		
					22,1	1,37304		
		Ueber Nacht gestanden, am Morgen 5 Stunden vor der Beobachtung der Platten abgewischt.						
20,6	1,36593		20,6	1,36761	20,6	1,37356		

Die zuletzt entstandene Lösung ergab einen Gehalt von 2,1 Proc.; dieselbe war noch in einem übersättigten Zustand, denn durch die Erschütterung, welche durch das Herausnehmen des Thermometers entstand, beschlugen sich die Platten des Prismas von Neuem. Das Gewicht des auskrystallisirten Cyanins betrug 0,9 g. Bei der höchsten Temperatur waren etwa 33,3 Proc. gelöst.

Die Brechungsexponenten dieser Lösung zeigen ebenfalls, dafs die Anomalie mit zunehmender Concentration zunimmt. Für die Fraunhofer'sche Linie A sind dieses die gröfsten Indices, welche für eine Cyaninlösung in einem Prisma von 45° br. W. beobachtet wurden. Ich habe verschiedenemal den Abstand der beiden Theile des Spectrums gemessen. Derselbe nahm mit zunehmender Concentration zu und betrug bei 57°8, wo alles Cyanin gelöst war : 32°54′42″ — 32°24′2″ = 0°30′40″. Für das äufserste Violett giebt dieſs einen Brechungsexponenten : 1,40927 und für das ihm zunächst liegende Roth : 1,42906. In diesem dunklen Theile ist das feine Haar, welches in der Mitte des Spaltes angebracht war, nicht sichtbar.

Der Exponent von B für 57,0° entspricht fast der äufsersten Grenze des Roth des rothen Glases *). Das Roth des blauen Glases war als solches nicht sichtbar, sondern als Violett (Mischlicht von Blau und Roth); dasselbe fing erst bei 22,1° an sichtbar zu werden, also da, wo Blau und Roth wieder normal lagen. Leider beschlugen sich die Platten so dicht mit Cyaninkrystallen, welche nicht dauernd entfernt werden konnten, so dafs bei schönster Sonne auf jede Einstellung verzichtet werden mufste.

Mit zunehmender Concentration nimmt nicht allein die Dispersion des Gesammtcyaninspectrums ab, um in entgegengesetztem Sinne wieder zuzunehmen, sondern es nimmt auch die des rothen und des violetten Theils zu und zwar die des ersten in stärkerem Mafse. Es ergiebt sich dieses sowohl aus der Tabelle X (von t = 41,6° — 30°0) und XI, als

*) Wie früher erwähnt, liegt B beinahe an der äufsersten Grenze dieses rothen Lichtes.

auch aus meinen früheren Versuchen*), sowie aus den Versuchen Ketteler's**). Bildet man die Differenzen der Exponenten meiner früheren Versuchsreihe, so findet man nicht für Alkohol das Dispersionsminimum des violetten Theils, sondern für die IV. verdünnte Lösung. Ich komme später noch einmal unter Benutzung dreier Wasserstofflinien auf diesen Zusammenhang zwischen Concentration und Dispersion zurück. Da es von Interesse sein wird, für die hier in Betracht kommenden Substanzen das Maſs der Dispersion des rothen Theils des Spectrums (die Lösungen starker Concentration lieſsen nur Linien im Roth erkennen) zu kennen, so theile ich die partielle Dispersion in folgender Tabelle mit.

Tabelle XII.

Dispersion in Ablenkungswinkeln δ und Brechungsexponenten n. Die Flüssigkeiten sind im Kundt'schen Hohlprisma vom br. W. 45° untersucht.

		t	δ	Differenz	n	Differenz
A	Alkohol	21,1	17°26′36″		1,35755	
a		21,2	28 46	0° 2′10″	35826	0,00071
B		21,2	31 27	2′41″	35915	89
A	Chloroform	18,2	21 29 52		1,44057	
a		18,2	32 49	0 2 57	44153	0,00096
B		18,2	35 23	2 34	44236	83
C		17,8	39 1	3 38	44353	117
A	Flintglas br. W. 60°3′30″		60 44 34		1,73747	
a			61 4 36	0 20 2	74034	0,00287
B			22 17	17 41	74286	252
C			42 19	20 2	74569	283

			t	δ	Differenz	n	Differenz
A	Fuchsin in Alkohol		23,2	20°57′26″		1,42951	
a			23,1	21 20 12	0°22′46″	43689	0,00738
B			23,0	45 43	25 31	44514	0825
C			22,6	22 24 57	39 14	45778	1264
A	Cyanin in Chloroform	concentr.	19,2	23 9 45		1,47277	
a			19,2	30 57	0 21 12	47956	0,00679
A		verdünnt	19,9	21 47 47		1,44638	
a			19,9	53 54	0 6 7	44835	0,00197
A	Cyanin in Alkohol	concentr.	23,3	18 9 36		1,37163	
a			23,3	16 53	0 7 17	37400	0,00237
A		verdünnt	20,4	17 42 0		1,36262	
a			20,5	45 36	0 3 36	36379	0,00117.

*) Sieben, Wied. Ann. Bd. 8, S. 144, Tab. IV, 1879.
**) Ketteler, Wied. Ann. Bd. 12, S. 498, Tab. II, 1881.

Wenn man eine Lösung mit überschüssigem Cyanin etwa 6 Stunden in einem Wasserbad auf 35° erwärmt und sehr oft kräftig schüttelt, dann das erwärmte Prisma füllt und die Brechungsexponenten bestimmt, so sind diese dieselben wie diejenigen einer Lösung, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur gesättigt hat. Es beweist dieser Versuch, dafs das Cyanin nur unter den in Tab. VIII und X existirenden Umständen bei 35° übersättigte Lösungen bildet. Da die beiden folgenden Lösungen kein überschüssiges Cyanin enthalten, so werden die Exponenten derselben später zur Berechnung der Temperaturcoëfficienten angewendet.

Tabelle XIII.

Den 17. VI 1882.

Cyaningehalt 1,15 Proc.

t	A	t	a	t	B	t	G	t	H_1	
Vor dem Erwärmen :										
19,6	1,36142	19,8	1,36223	20,9	1,36269	20,2	1,37088			sichtbar,
19,9	36123	21,3	36161		—	20,6	37058			aber dar-
20,1	36117		—		—		—			auf nicht
22,0	36029		—		—		—			eingestellt
Eine halbe Stunde auf 62,6° constant gehalten und bei fallender Temperatur beobachtet :										
62,6	1,34311									
62,0	34341									
61,1	34383									
60,9	34388*									
60,2	34428	58,3	1,34664*[1])							
58,5	34503	58,9	34561*							

[1]) Diese beiden Expon. für a sind bei steigender Temperatur beobachtet. Die Einstellung ist aber auf den an Stelle von a aufgetretenen schwarzen Streifen gemacht, welcher bei jeder Erwärmung auftrat und mit abnehmender Temperatur verschwand. Die Genauigkeit dieser Exponenten, wie überhaupt die der Fraunhofer'schen Linie a ist eine geringere. — Ich erwärmte diese und andere Lösungen derselben Concentration zu diesem Zweck mehreremal und sah, auch nachdem durch Schütteln die Temperatur gleichmäfsig geworden, immer einen breiten dunklen Streifen an Stelle von a. Früher habe ich bei Gemischen von alkohol. Cyanin- und Fuchsinlösung für Na und Sr_δ bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ähnliches beobachtet. (Vergl. Wied. Ann. Bd. 8, S. 147.) Dort verschwanden die Streifen mit abnehmender Concentration. Auch Johst (Wied. Ann. Bd. 20, S. 47, 1883) hat für D dasselbe wahrgenommen.

Fortsetzung der Tabelle XIII.

t	A	t	a	t	B	t	G	t	H_1
57,4	34552								
55,7	34627								
53,4	34724								
52,0	34790								
50,8	34838	50,8	nicht sichtbar						
49,8	34883								
48,2	34948			47,0	1,35259				
42,6	35193			45,2	35317				
41,7	35229								
40,8	35266								
40,2	35290								
36,6	35453					37,5	1,36380		
35,4	35514	35,5	35532			32,9	36570		
33,2	35603*								
31,8	35662								
30,1	35731								
29,3	35764								
28,7	35790			32,7	35836	31,2	36652		
27,9	35816			28,5	36016	30,6	36679		
25,6	35919	25,9	35999	25,3	36130	27,6	36799	27,3	1,37132
25,0	35939	23,3	36116	24,4	36159	26,3	36850	26,4	37171
24,6	35956	22,6	36138	23,4	36203	26,1	36864	24,0	37280
23,0	36016	21,7	36183	22,6	36239	24,2	36942	23,6	37298
22,8	36033	21,0	36217*	21,4	36288	23,5	36975	22,3	37348
21,9	36071					22,4	37017		
21,1	36104					21,4	37069		
20,1	36140								
Etwa 18 Stunden nachher (ruhig auf dem Spectrometer gestanden) :									
18,6	36194	18,6	36298	18,4	36413	18,6	37184	18,7	37518
Zwei Tage nachher (ruhig auf dem Spectrometer gestanden) :									
16,6	36289	16,6	36366	16,6	36478	16,5	37274	16,6	37611

Dafs bei dem Erwärmen, auch bei der gröfsten Vorsicht, stets Alkohol verdampft, beweist der gröfsere absolute Werth der Exponenten der abgekühlten Lösung für entsprechende Temperaturen. Eine zweite, sehr umfangreiche Beobachtungsreihe, durch nochmaliges Erwärmen dieser Lösung erhalten, konnte leider nicht zusammenhängend dargestellt werden, weil inmitten der Untersuchung das Prisma anfing undicht zu werden.

Eine andere Lösung, in ähnlicher Weise wie die vorhergehende hergestellt, ergab die unten verzeichneten Indices.

Tabelle XIV.

Den 16. VI 1882.

Cyaningehalt 1,26 Proc.

t	A	t	a	t	G
		Vor dem Erwärmen :			
18,8	1,36291	18,8	1,36375	18,6	1,37205
		Auf 44° erwärmt :			
39,0	1,35508	34,8	1,35766	27,5	1,36862
37,3	35579	34,0	35798	24,4	36993
35,4	35651	28,8	36010	23,3	37038
29,1	35901	26,8	36090	22,3	37083
25,9	36044	25,6	36128	20,6	37205
25,1	36064	23,0	36229		
22,9	36149	22,6	36242		
		21,6	26283		

Sehr eclatent läfst sich mit Hülfe der drei Wasserstofflinien*) die Zunahme der Anomalie mit zunehmender Concentration verfolgen. Stellt man in einem Kundt'schen Prisma von 45° br. W. (besser noch von kleinerem br. W.) eine concentrirte Cyaninlösung her, welche die drei erwähnten Linien noch deutlich und scharf erkennen läfst und erhöht durch tropfenweises Hinzufügen einer sehr dicken Lösung die Concentration, so nimmt man wahr, dafs sich die H_α allmählich gegen die scheinbar stabile H_β hinbewegt, während H_δ gegen H_β keine merkliche Veränderung erleidet. Man kann durch Erhöhen der Concentration die H_α zwischen H_β und H_δ bringen. In dem Mafse die Concentration wächst nimmt aber die Intensität der Linien, besonders die der H_α und H_β ab. Beim Verdünnen der Lösung wird die Ablenkung der H_α wieder die ursprüngliche.

Um eine Vorstellung von der Wirkung der Concentrationszunahme und überhaupt von einem anomalen Cyanin-

*) H_α, H_β, H_δ letztere hat die Wellenlänge 4,610 und ist besser hierzu geeignet, als die lichtschwache $H\gamma$. Eigentlich sind es zwei nahe zusammenliegende Linien, die bei geringer Dispersion als eine erscheinen. Die angegebene Wellenlänge ist die mittlere.

spectrum zu bekommen, denke man sich das Spectrum einer dünnen Lösung im Absorptionsfelde durchgeschnitten und den rothen Theil über den festliegenden grünvioletten sich allmählig nach violett hinbewegend.

Dabei erfährt der rothe Theil für sich eine stärkere Dispersionsvergrößerung als der violette. Es kann also eine theilweise und eine vollständige Anomalie eintreten; letztere ist besonders schön und leicht bei Fuchsin in Alkohol und Cyanin in Chloroform zu sehen, worauf ich später noch aufmerksam mache. Die Strahlen des weniger brechbaren Theils (rothen), welche dem Absorptionsmaximum zunächst liegen, erfahren also die erste und auch die größte Abweichung; sie sind demnach in erster Linie maßgebend für die Beurtheilung der Concentration einer Lösung.

In folgender Tabelle theile ich für die Wasserstofflinien

Tabelle XV.

Den 16. II 1881.

br. W. 44° 18′29,5″; t = 19,5—20,3.

No.		H_α	H_β	H_δ	H_α	H_β	H_δ
I	Von I zu II	17°40′19″	17°46′ 0″	17°51′48″	1,36540	1,36728	1,36919
	50 Tropfen	0° 5′	41″ 0°5′	48″			
II	Alkohol	39 20	45 53	51 10	36507	36724	36898
		0 6	33 0 5	17			
III	25 Tropfen	38 58	45 12	50 41	36495	36701	36882
		0 6	14 0 5	29			
IV	60 Tropfen	36 58	45 15	50 29	36429	36703	36876
		0 8	17 0 5	14			
V	Von hier	35 10	45 8	49 55	36369	36699	36857
	ab je 100	0 9	58 0 4	47			
VI	Tropfen	34 0	44 29	49 19	36331	36678	36837
		0 10	29 0 4	50			
VII		32 0	44 12	48 58	36264	36668	36826
		0 12	12 0 4	46			
VIII		31 29	44 10	48 43	36247	36667	36817
		0 12	51 0 4	33			
IX		30 0	43 32	48 10	36198	36645	36799
		0 13	32 0 4	38			
X		29 3	43 20	47 46	36167	36639	36786
		0 14	17 0 4	26			
Alkohol		25 48	44 12	48 27	36059	36668	36808
t = 19,9		0 18	24 0 4	15			

Cyaningehalt der letzten Lösung : 0,39 Proc.

H_α, H_β, H_δ Ablenkungsmittel und Brechungsexponenten für eine alkoholische Cyaninlösung mit. Es wurde zu einer sehr concentrirten Lösung aus einem Capillarröhrchen tropfenweise Alkohol gefügt, bis die Linien zum Einstellen sichtbar waren und von da ab weiter verdünnt. Die Distanz der H_α und H_β wird gröfser, während die der H_δ und H_β nur um weniges kleiner wird, wie die angegebenen Unterschiede der Ablenkungswinkel zeigen. Für eine gewisse Concentration werden die Differenzen der Exponenten von H_β und H_δ und die des Alkohols negativ *).

B. *Cyanin in Chloroform.*

Das Cyanin bildet in Chloroform schon bei gewöhnlicher Temperatur so concentrirte Lösungen, dafs es nicht nöthig ist ein Erwärmen auf dem Spectrometer vorzunehmen. Die Dispersion des rothen Theils des Spectrums ist bedeutend gröfser als die einer alkoholischen Lösung gleicher Concentration. Sehr leicht ist eine Lösung herzustellen, welche vollständige Anomalie zeigt, bei welcher zwischen den beiden Spectraltheilen noch ein bedeutender dunkler Zwischenraum liegt, in welchem nicht die am Spalt angebrachte Marke sichtbar ist. In folgender Tabelle sind, von einer sehr dicken Lösung ausgehend, die Exponenten von A und a mehrerer verdünnter Lösungen zusammengestellt. Bei den concentrirteren konnte im Blau und Grün nur auf die Mitte dieser Farben eingestellt werden. Auch hier ist die Dispersion des rothen Theils mit abnehmender Concentration im Abnehmen begriffen.

---

*) Man vergleiche mit diesem Versuch meine früheren Concentrationsversuche für alkoholische Cyanin- und Fuchsin-Lösungen Wiedem. Ann. Bd. 8, S. 137, 1879; insbesondere aber die Constructionen Ketteler's Wiedem. Ann. Bd. 12, S. 481, 1881.

Tabelle XVI.

Den 11. VIII 1882.

Cyanin in Chloroform. t = 19,5—19,4°.

	Cyanin-gehalt	A	a	B	Mitte des Blau	Mitte des Grün
Sehr conc. Lösung	9,9%	1,49019 (Mitte des Roth)	—	—	1,45973	1,44973
I. Verdünnung		1,47277	1,47956	—	1,45933	1,45042
II. Verdünnung		1,46506	1,46961	—	1,45790	1,45210
III. Verdünnung		1,45830	1,46221	—	1,45545	1,44900
IV. Verdünnung		1,45398	1,45738	—	—	—
V. Verdünnung		1,45042	1,45332	—	—	—
VI. Verdünnung		1,44825	1,45062	—	—	1,44854
VII. Verdünnung	1,8%	1,44638	1,44835	—	1,45832 (G)	—
t = 20,6	6,6%	1,47037	1,47628	—	1,45660	1,45130
t = 19,6	4,5%	1,45930	1,46350	1,46948	1,45542	1,45144

Brechungsexponenten des Chloroforms; s = 1,484 bei t = 20,9° C.

A		a		B		C		Sr_α ($\lambda = 6{,}062$)	
18,2	1,44057	18,2	1,44153	18,2	1,44236	17,8	1,44353	17,7	1,44551
D		Tl ($\lambda = 5{,}349$)		F		G		H_1	
18,2	1,44583	17,7	1,44903	18,1	1,45220	18,1	1,45786	18,0	1,46265

C. *Fuchsin in Alkohol.*

Aus concentrirten alkoholischen Lösungen findet nicht so rasch Krystallisation statt wie aus alkoholischen Cyaninlösungen. Auch sie haben den Nachtheil, dafs sich erst bei tüchtiger Concentrationsverringerung Linien im blau-violetten Theil erkennen lassen. Der dunkle Raum zwischen Blau und Roth, bei voller Anomalie, betrug in der I. Lösung 0° 34′2″, in der II. 0°6′36″. Die I. Lösung wurde durch Verdünnen einer sehr concentrirten hergestellt, bis Blau sichtbar wurde; die III. Lösung aus der II. bis auf Linien im Blau einzustellen war. Die Dispersion des Roth ist gröfser als in Flintglas (vergl. Tab. XII); A selbst ist sehr verbreitert.

Tabelle XVII.

Den 18. VIII 1882.

Fuchsin in Alkohol. $t = 21{,}1 - 21{,}9^0$.

	Fuchsingehalt	A	a	B	C	Grenze des Blau nach Roth	Andere Grenze des Blau
I. Lösung	5,3%	1,38310	1,38635	1,38951	1,39441	1,37191	1,36525
II. Lösung	4,1%	1,37509	1,37751	1,37982	1,38333	1,37291	1,36568
III. Lösung	1,9%	1,36625	1,36783	1,36932	1,37148	1,7260 (H_1)	1,37324 (H_2)

Die in Tabelle XVIII verzeichneten Exponenten sind die einer Fuchsinlösung, aus welcher, nachdem das Prisma circa 2 Tage verschlossen gestanden, etwas auskrystallisirt war — die Wände waren mit einer äufserst schwachen, metallisch glänzenden Schicht bedeckt. Indem ich annehme, dafs in dem beobachteten Temperaturintervall und in der zur Beobachtung gebrauchten verhältnifsmäfsig kurzen Zeit alles Fuchsin in Lösung war, benutze ich die Exponenten dieser Lösung später zur Berechnung der Temperaturcoëfficienten. Es war nur Roth sichtbar.

Tabelle XVIII.

Den 14. VIII 1882.

Fuchsingehalt : 15,5 Proc.

t	A	t	a	t	B	t	C
33,5	1,42538*	39,2	1,42979	25,1	1,44393	21,9	1,45820
25,7	2846	36,8	3080	24,7	4407	23,0	1,45685
25,1	2872	34,8	3164	24,2	4425		—
24,7	2893	25,4	3575	23,8	4438		—
24,4	2908	25,2	3580	23,0	4473		—
24,0	2929	24,9	3595	21,8	4526		—
23,7	2936	24,5	3611		—		—
23,2	2953	24,1	3617*		—		—
22,7	2976	23,9	3639		—		—
21,8	3008	23,1	3681		—		—
	—	22,8	3690		—		—
	—	21,9	3728		—		—

5) Resultate mit der Methode der totalen Reflexion.

Die Brechungsexponenten des Prismas des Reflexionsapparates wurden nach beiden Methoden bestimmt. Uebereinstimmend mit von Lang fand auch ich nach der prismatischen Methode durchgängig kleinere Indices als nach der Methode der Totalreflexion. Die Berechnung nach der letzteren wurde in folgender Weise vorgenommen. Ist δ der Grenzwinkel der totalen Reflexion, r der Winkel unter welchem diese Strahlen die Austrittsfläche treffen, i der Austrittswinkel, α der Winkel des Prismas, den die Austrittsfläche mit der totalreflectirenden Fläche bildet (Fig. 1), n der Brechungsexponent des Glases, so bestehen folgende Relationen :

$$\sin \delta = \frac{1}{n}, \cos \delta = \frac{1}{n} \sqrt{n^2 - 1},$$

$$\sin r = \frac{\sin i}{n} \text{ und } \alpha - \delta = r.$$

Der Winkel i liegt für Glas vom Scheitel des brechenden Winkels α aus jenseits des Einfallslothes. Aus der letzten Gleichung erhält man :

$$\sin \alpha \cos \delta - \cos \alpha \sin \delta = \sin r,$$

$$\sin \alpha \sqrt{n^2 - 1} - \cos \alpha = \sin i,$$

$$n = \sqrt{1 + \left[\frac{\sin i + \cos \alpha}{\sin \alpha}\right]^2}.$$

Für eine Lösung liegt i diesseits des Einfallslothes (Fig. 2). Mit Hülfe von n (spectral) und i ergiebt sich r, welches man von α zu subtrahiren hat um δ zu finden. Aus der Gleichung :

$$n^1 = n \sin \delta$$

erhält man mittelst δ und n (total) den Brechungsexponenten n' der Lösung, beziehungsweise des Alkohols.

Wie schon erwähnt betrug der Winkel α 59°58′38″. Der Winkel i liegt für Glas für die beobachteten Linien zwischen 36°30′36″ und 39°40′52″; für Alkohol zwischen 4°13′10″ und 6°23′20″; für die beiden Cyaninlösungen zwischen 3°53′0″ und 6°15′52″; 3°41′26″ und 6°5′51″.

In der folgenden Tabelle theile ich zunächst die Exponenten des Flintglasprismas, nach beiden Methoden bestimmt, mit. Zur Bestimmung der Exponenten nach der minimalen Ablenkung habe ich der Reihe nach α, β, γ als br. W. benutzt und dieselben in guter Uebereinstimmung gefunden. Bei denjenigen nach der totalen Reflexion ist die Anzahl der Beobachtungen, aus welchen das Mittel genommen wurde, beigefügt. Die mit f, g_I, g_{II}, g_{III} bezeichneten Linien sind leicht zu findende, intensive Linien, die drei letzten mit G in nahezu gleichen Abständen. Zur Orientirung dienen die angegebenen Wellenlängen. Bei H konnte ich die Grenze der totalen Reflexion nicht mehr wahrnehmen.

Tabelle XIX.

Den 13.—24. VII 1882.

Flintglas (spectral und total).

Fraunh. Linien	n_s	n_t	Anzahl der Beob.	Δ_{t-s}	Wellenlängen in 0,0001 mm
A	1,61245	1,61254	6	+ 09	7,606
a	1,61478	1,61488	9	+ 10	7,186
B	1,61623	1,61640	9	+ 17	6,872
C	1,61795	1,61819	5	+ 24	6,567
D	1,62284	1,62295	9	+ 11	5,893
e	1,62854	1,62864	5	+ 10	5,328
E	1,62927	1,62951	11	+ 24	5,269
b	1,63037	1,63063	13	+ 26	5,182
F	1,63503	1,63531	27	+ 28	4,862
f	1,63844	1,63878	17	+ 34	4,664
g_I	1,64437	1,64444	5	+ 07	4,378
G	1,64581	1,64617	13	+ 36	4,319
g_{II}	1,64835	1,64842	10	+ 07	4,216
g_{III}	1,65192	1,65231	9	+ 39	4,087
H_1	1,65621	—	—	—	3,971
H_2	1,65745	—	—	—	3,937

Auch für die Exponenten des Alkohols ergeben sich Differenzen in demselben Sinne. Nach den Resultaten unter Nr. 3 ist dem Prisma bei der Methode der minimalen Ablenkuug eine mittlere Stellung zu geben. Die Werthe n_s

wurden aus mehreren Bestimmungen für ein Temperaturintervall von 2° auf die Temperatur der Indices n_t reducirt.

Tabelle XX.

Den 25.—27. VII 1882.

Alkohol (spectral und total) br. W. (spectral) 44°19′10″.

Fraunh. Linien	t	n_s	n_t	Δ_{t-s}	Fraunh. Linien	t	n_s	n_t	Δ_{t-s}
A	19,7	1,35811	1,35831	+ 20	F	20,2	1,36598	1,36630	+ 32
a	19,9	1,35877	1,35906	+ 29	f	20,3	—	1,36737	—
B	19,9	1,35930	1,35962	+ 32	g_I	20,3	—	1,36921	—
C	19,9	1,35993	1,36021	+ 28	G	20,3	1,36968	1,36995	+ 27
D	20,1	1,36168	1,36187	+ 19	g_{II}	20,3	—	1,37041	—
e	20,2	—	1,36387	—	g_{III}	20,4	—	1,37167	—
E	20,2	—	1,36428	—	H_1	20,4	1,37278	—	—
b	20,1	1,36443	1,36473	+ 30		—	—	—	—

s = 0,796 bei t = 19,7° C.

Von den vorläufigen Versuchen mit Lösungen theile ich nur einige Exponenten (n_t) einer kalt concentrirten Lösung mit, welche die Vergrößerung der Indices durch Verdunstung des Alkohols zeigt.

			$^1/_2$ verdunstet	$^2/_3$ verdunstet
F	22,0°	1,36647	1,36781	1,36824
f	22,0°	1,36753	1,36877	1,36947.

Zum Vergleiche der Indices nach beiden Methoden wurde der Reflexionsapparat und das Kundt'sche Prisma gleichzeitig mit einer Cyaninlösung mittlerer Concentration (ohne Erwärmen hergestellt) gefüllt und die Ablesungen ziemlich in derselben Zeit gemacht. Eine Anomalie, wie sie aus den Exponenten der zweiten concentrirteren Lösung zu sehen ist, ist noch nicht wahrzunehmen (Tab. XXI). Die letztere wurde durch Erwärmen und wieder Erkaltenlassen hergestellt, wobei sich die ganze Röhre mit Krystallen besetzte. Sie wurde abgegossen und dann beide Prismen gefüllt. In beiden Lösungen wurde im Hohlprisma von C bis G alles absorbirt, während die Grenze der totalen Reflexion nur für D und e nicht wahrzunehmen war. In der concentrirteren Lösung war dieselbe

für E schon so aufserordentlich schwach, dafs sie nur mit der gröfsten Anstrengung zur Coïncidenz zu bringen war. Der Exponent für E ist das Mittel aus 30 Einstellungen, die aber unter sich mehr differirten als S. 152 angegeben ist.

Den 28.—31. VII 1882. Tabelle XXI. **Cyanin** (spectral und total).

	Cyaningehalt 0,87 Proc.				Cyaningehalt 1,58 Proc.				Beobachtungsreihen von v. Lang			
	t	n_s	t	n_t	t	n_s	t	n_t	n_t t = 18,3°	t	n_t	n_t t = 19,2°
A	20,0	1,36100	20,3	1,36109	20,1	1,36293	20,1	1,36286	—	16,7	1,3627	1,3611
a	20,0	1,36153	20,3	1,36159	20,1	1,36396	20,1	1,36416	—	16,7	1,3653	1,3631
B	20,1	1,36234	20,4	1,36240	20,1	1,36509	20,1	1,36537	1,3652	17,8	1,3661	1,3646
C		absorbirt	20,3	1,36343		absorbirt	20,1	1,36720	1,3663	17,8	1,3673	1,3661
D		„		Grenze nicht sichtbar		„		Grenze nicht sichtbar	Grenze nicht sichtbar		Grenze nicht sichtbar	Grenze nicht sichtbar
e		„				„						
E		„	20,4	1,36435		„	20,0	1,36502	1,3627	17,8	1,3650	—
b		„	20,4	1,36482		„	20,1	1,36529	1,3635	18,1	1,3657	1,3637
F		„	20,3	1,36722		„	20,0	1,36780	1,3665	17,8	1,3686	1,3665
f		„	20,3	1,36814		„	20,0	1,36917	—		—	—
g_I		„	20,4	1,37025		„	20,1	1,37160	—		—	—
G	20,0	1,37121	20,5	1,37090	20,1	1,37242	20,3	1,37227	1,3711	18,2	1,3732	1,3715
g_{II}		absorbirt	20,6	1,37152		—	20,3	1,37305	—		—	—
g_{III}		„	20,7	1,37288		—	20,3	1,37449	—		—	—
H_I	20,1	1,37445			20,2	1,37580		—	—		—	1,3758

Vergleicht man die in der vorhergehenden Tabelle mitgetheilten Exponenten unter einander, so ist nicht nur die Identität der von mir nach beiden Methoden erhaltenen eine zufriedenstellende *), sondern es herrscht auch mit den daneben verzeichneten drei Beobachtungsreihen des Herrn v. Lang — unter Berücksichtigung der Temperaturdifferenzen und der nicht gleichen Concentration — genügende Uebereinstimmung. Man wird also wohl nicht mehr die Anwendbarkeit der spectralen Methode, wenn es sich um die Untersuchung stark absorbirender Medien handelt, in Zweifel ziehen und vor allem nicht den Grund der Verschiedenheit der Exponenten concentrirter Lösungen in der Mangelhaftigkeit der Methode der minimalen Ablenkung suchen dürfen **).

Dafs diese Lösungen weit von der stärksten Concentration entfernt sind, bedarf keines weiteren Hinweises. Erhöht man aber die Concentration, dann wird, wie nachgewiesen, der absolute Werth der Brechungsexponenten, die Absorption und die Anomalie vergröfsert, und es nimmt in demselben Mafse das Gebiet der Sichtbarkeit der Grenze der totalen Reflexion ab, so dafs man auch hier, wenn man überhaupt den Verlauf der Dispersionscurve bestimmen will, über eine gewisse Concentration hinaus nicht gehen darf.

II.

Zur Berechnung der Temperatur-Coëfficienten von Lösungen anomal dispergirender Medien hat man in erster Linie dafür Sorge zu tragen, dafs die Lösung keinen überschüssigen Farbstoff enthalte, oder doch nur so wenig, dafs in dem benutzten Temperaturintervall keine Krystallisation stattfindet, wie ich dieses bei der zur Rechnung benutzten

*) Die auftretenden Differenzen zwischen n_t und n_s haben fast alle dasselbe Zeichen wie für Alkohol und Flintglas.

**) Man vergleiche hiermit die Resultate, welche Pulfrich bezüglich der v. Lang'schen Arbeit aus der Ketteler'schen Theorie folgerte. Wied. Ann. Bd. 16, S. 335, 1882.

Fuchsinlösung (Tab. XVIII) vorausgesetzt habe. Ueber die Lösungsfähigkeit des Cyanins in Alkohol und Chloroform und des Fuchsins in Alkohol geben die vorhergehenden Resultate genügenden Aufschluſs. Die beiden Cyaninlösungen, für welche ich die Temperaturcoëfficienten bestimmt habe, sind in Tab. XIII und XIV enthalten. Vor Wasserstofflicht lieſsen dieselben keine der Linien erkennen; es war nur ein schwaches diffuses Licht sichtbar. Mit Mühe konnte man noch rothes und grünes Licht, fest übereinanderliegend, unterscheiden. Die Rechnungen, bei welchen ich mich vorläufig nur auf die empirischen beschränkt habe, sind in derselben Weise durchgeführt, wie die von mir*) vorgenommenen für Alkohol und Wasser und wie sie vordem von Wüllner**) ausgeführt worden sind.

Ehe ich die Rechnung begann construirte ich Curven in der Weise, daſs ich die Temperaturen als Abscissen, die Indices als Ordinaten in Millimeterpapier eintrug. Es entsprach jedem Zehntel Grad der Temperatur und jeder Einheit der 4. Decimale der Brechungsexponenten ein Millimeter. Die Brechungsexponenten der Lösung vor dem Erwärmen passen nicht zu den übrigen, sie liegen durchweg tiefer, welches, wie schon gesagt, ein Beweis dafür ist, daſs während des Erwärmens eine auf andere Weise nicht wahrnehmbare geringe Quantität Alkohol verdunstet ist. Dieser Concentrationsveränderung wegen ist es auch nicht erlaubt, Exponenten von verschiedenen aufeinanderfolgenden Erwärmungen mit einander zu combiniren.

Aus den beiden Gleichungen :

$$n_1 = n_0 - b \cdot t_1$$
$$n_2 = n_0 - b \cdot t_2$$

ergiebt sich der Temperaturcoëfficient :

$$b = \frac{n_1 - n_2}{t_2 - t_1}.$$

Berechnet man diesen für die Fraunhofer'sche Linie A

*) Sieben, Wied. Ann. Bd. 8, S. 137, 1879.

**) Wüllner, Pogg. Ann. Bd. 133, S. 1, 1868.

Tab. (XIII), für welche das gröfste Temperaturintervall vorliegt, aus allen Combinationen von n und t und zwar vorläufig ohne Eintheilung in einzelne Gruppen (etwa von 10^0 zu 10^0), so erhält man, wenn zugleich n_0 bestimmt wird, die Interpolationsformel :

$$n = 1{,}37064 - 0{,}000442 \,.\, t.$$

Die nach dieser Gleichung berechneten Exponenten sind nebst den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XXII.

Cyanin in Alkohol 1,15 Proc.

t	A	Beob.—Rech.	t	A	Beob.—Rech.	t	A	Beob.—Rech.
62,6	1,34298	+ 13	48,2	1,34934	+ 14	27,9	1,35831	— 15
62,0	4324	+ 17	42,6	5182	+ 11	25,6	5933	— 14
61,1	4364	+ 19	41,7	5221	+ 08	25,0	5959	— 20
60,9	4373	+ 15	40,8	5261	+ 05	24,6	5977	— 21
60,2	4404	+ 24	40,2	5288	+ 02	23,0	6048	— 32
58,5	4479	+ 24	36,6	5447	+ 06	22,8	6057	— 24
57,4	4527	+ 25	35,4	5500	+ 14	21,9	6097	— 26
55,7	4603	+ 24	33,2	5597	+ 06	21,1	6132	— 28
53,4	4704	+ 20	31,8	5659	+ 03	20,1	6176	— 36
52,0	4766	+ 24	30,1	5734	— 03	18,6	6242	— 48
50,8	4819	+ 19	29,3	5769	— 05	16,6	6331	— 42
49,8	4863	+ 20	28,7	5796	— 06		—	

$$n_A = 1{,}37064 - 0{,}000442 \; t.$$

Theilt man nun den Differenzen entsprechend die Exponenten in drei Gruppen und berechnet für die Temperaturintervalle $62{,}6^0 - 49{,}8^0$; $48{,}2^0 - 28{,}7^0$; $27{,}9^0 - 16{,}6^0$ die Constante b aus allen Combinationen, so erhält man, wie die Tabelle XXIII zeigt, eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung. In derselben Weise wurden für die Fraunhofer'schen Linien a, B, G, H_1 die Interpolationsgleichungen aufgestellt. Die Resultate sind in Tab. XXIV verzeichnet. Die Tabellen XXV und XXVI enthalten die berechneten Indices der Cyaninlösung (Tab. XIV) und der Fuchsinlösung (Tab. XVIII).

Tabelle XXIII.

Cyanin in Alkohol 1,15 Proc.

t	A	Beob.—Rech.	t	A	Beob.—Rech.	t	A	Beob.—Rech.
62,6	1,34321	— 10	48,2	1,34953	— 05	27,9	1,35819	— 03
62,0	4348	— 07	42,6	5194	— 01	25,6	5914	+ 05
61,1	4387	— 04	41,7	5232	— 03	25,0	5938	+ 01
60,9	4396	— 08	40,8	5271	— 05	24,6	5955	+ 01
60,2	4427	+ 01	40,2	5297	— 07	23,0	6020	— 04
58,5	4501	+ 02	36,6	5451	+ 02	22,8	6029	+ 04
57,4	4550	+ 02	35,4	5503	+ 11	21,9	6066	+ 05
55,7	4624	+ 03	33,2	5595	+ 08	21,1	6099	+ 05
53,4	4725	— 01	31,8	5658	+ 04	20,1	6140	± 0
52,0	4789	+ 01	30,1	5731	± 0	18,6	6202	— 08
50,8	4839	— 01	29,3	5765	— 01	16,6	6284	+ 05
49,8	4883	± 0	28,7	5791	— 01		—	

$n_A = 1{,}37069 - 0{,}0004390 . t$ | $n_A = 1{,}37024 - 0{,}0004298 . t$ | $n_A = 1{,}36968 - 0{,}0004120 . t$

Tabelle XXIV.

Cyanin in Alkohol 1,15 Proc.

t	a	Beob.— Rech.	t	B	Beob.— Rech.
25,9	1,36006	— 07	47,0	1,35256	+ 03
23,3	6111	+ 05	45,2	5329	— 12
22,6	6139	— 01	32,7	5832	+ 04
21,7	6176	+ 07	28,5	6001	+ 15
21,0	6204	+ 13	25,3	6130	± 0
18,6	6300	— 02	24,4	6156	+ 03
16,6	6381	— 15	23,4	6206	— 03
	—		22,6	6239	± 0
	—		21,4	6287	+ 01
	—		18,4	6408	+ 05
	—		16,6	6480	— 02

$n_a = 1{,}37049 - 0{,}0004027 . t$ | $n_B = 1{,}37148 - 0{,}0004026 . t$

t	G	Beob.— Rech.	t	H_1	Beob.— Rech.
32,9	1,36577	— 07	27,3	1,37133	— 01
31,2	6647	+ 05	26,4	7173	— 02
30,6	6674	+ 05	24,0	7179	+ 01
27,6	6801	— 02	23,6	7197	+ 01
26,3	6856	— 06	22,3	7154	— 06
26,1	6864	± 0	18,7	7114	+ 04
24,2	6945	— 03	16,6	7107	+ 04
23,5	6974	+ 01		—	
22,4	7021	— 03		—	
21,4	7063	+ 06		—	
18,6	7182	+ 02		—	
16,5	7271	+ 03		—	

$n_G = 1{,}37968 - 0{,}0004230 . t$ | $n_{H_1} = 1{,}38341 - 0{,}0004425 . t$

Tabelle XXV.

Cyanin in Alkohol 1,26 Proc.

t	A	Beob.—Rech.	t	a	Beob.—Rech.	t	G	Beob.—Rech.
39,0	1,35510	— 02	34,8	1,35770	— 04	27,5	1,36860	+ 02
37,3	5577	+ 02	34,0	5801	— 03	24,4	6993	± 0
35,4	5653	— 02	28,8	6003	+ 07	23,3	7041	— 03
29,1	5905	— 04	26,8	6081	+ 09	22,3	7084	— 01
25,9	6033	+ 11	25,6	6128	± 0	20,6	7157	+ 01
25,1	6064	± 0	23,0	6229	± 0		—	
22,9	6154	— 05	22,6	6244	— 02		—	
	—		21,6	6283	± 0		—	
$n_A = 1{,}37066 - 0{,}0003992 . t$			$n = 1{,}37123 - 0{,}0003890 . t$			$n = 1{,}38042 - 0{,}0004300 . t$		

Tabelle XXVI.

Fuchsin in Alkohol 15,5 Proc.

t	A	Beob.—Rech.	t	a	Beob.—Rech.	t	B	Beob.—Rech.
33,5	1,42494*	+ 44	39,2	1,42980	— 1	25,1	1,44391	+ 2
25,7	2844	+ 2	36,8	3083	— 3	24,7	4407	± 0
25,1	2871	+ 1	34,8	3169	— 5	24,2	4426	— 1
24,7	2889	— 6	25,4	3574	+ 1	23,8	4442	— 4
24,4	2902	+ 6	25,2	3582	— 2	23,0	4473	± 0
24,0	2920	+ 9	24,9	3595	± 0	21,8	4520	+ 6
23,7	2934	+ 2	24,5	3612	— 1		—	
23,2	2956	— 3	24,1	3630*	— 13		—	
22,7	2979	— 3	23,9	3638	+ 1		—	
21,8	3019	— 11	23,1	3673	+ 8		—	
	—		22,8	3686	+ 4		—	
	—		21,9	3724	+ 4		—	
$n_A = 1{,}43996 - 0{,}0004484 . t$			$n_a = 1{,}44666 - 0{,}0004302 . t$			$n_B = 1{,}45372 - 0{,}0003910 . t$		

Das Resultat dieser Rechnungen bestätigt die Erscheinung, die beim Beobachten des Spectrums während des Erwärmens auftritt, nämlich die merkliche Verbreiterung des Roth. Für Cyanin habe ich dieselbe schon aus meinen ersten Versuchen (Sommer 1881) mit Wasserstofflicht vermuthet. Anfangs glaubte ich, es sei diese Verbreiterung Folge ungleichmäfsiger Temperatur, es blieb jedoch nach wiederholtem Schütteln die Erscheinung dieselbe. Ich hatte eine Lösung hergestellt, in der $H\beta$ nur um weniges mehr abgelenkt war als

H_α und diese erwärmt. Mit zunehmender Temperatur nahm die Ablenkung von H_α zu und wurde sogar gröfser als die von H_β; es hatte sich also H_α über H_β hin bewegt, genau so als wäre die Concentration der Lösung vergröfsert worden. Mit abnehmender Temperatur traten allmählich die ursprünglichen Ablenkungen wieder ein.

Der Einfluſs des absorbirenden Mittels auf die Strahlen der rothen Seite des Absorptionsstreifens ist ein zweifacher. Es bewirkt eine Dispersionsvergröfserung dieses Theils und zu gleicher Zeit eine Vergröfserung der Ablenkung, also eine allmähliche Bewegung desselben in der Richtung der Strahlen kürzerer Wellenlängen. Der violette Theil erfährt durch den Farbstoff ebenfalls eine Dispersionsvergröfserung, aber eine erheblich geringere und behält seine Ablenkung fast völlig unverändert bei.

Mit steigender Temperatur nehmen die Brechungsexponenten einer und derselben Linie stärker ab, wie dieſs namentlich für A aus Tab. XXIII hervorgeht. Diese Aenderung mit der Temperatur stimmt mit den Beobachtungen von Dale und Gladstone und mit denjenigen von Landolt für Flüssigkeiten überein. Ferner nimmt mit Temperaturerhöhung die Dispersion des Gesammtspectrums ab, wie dieſs ebenfalls bei durchsichtigen Mitteln der Fall ist; aber es erfährt derjenige Theil, welcher durch den Farbstoff in jeder Hinsicht eine stärkere Veränderung erfährt — also der rothe — auch mit steigender Temperatur eine Vergröfserung der Dispersion, während der violette, als der vom Farbstoff am wenigsten afficirte Theil, entsprechend dem Lösungsmittel eine Abnahme der Dispersion erleidet.

Für Fuchsin ist das Gesagte nur für den rothen Theil beobachtet worden. Es erübrigt noch dünnere Lösungen zu untersuchen, damit mehr Spectrallinien auf der violetten Seite des Absorptionsmaximums in den Kreis der Beobachtung zu ziehen sind.

Ich stelle in Folgendem der Uebersicht wegen die Interpolationsgleichungen der ausführlicher beobachteten Cyaninlösung noch einmal zusammen und theile zur Beurtheilung des

Gesagten die berechneten Indices für 15° und 26°, sowie die einzelnen partiellen Dispersionen mit. Man kann sich auch leicht über die Lage der Linien orientiren, wenn man in Millimeterpapier von einem gemeinsamen Anfangspunkte aus (in welchem etwa A liegt) die Brechungsexponenten [eine Einheit der 5. Decimale = 1 mm] einträgt.

Tabelle XXVII.

Cyanin in Alkohol (Tab. XIII.).

	Interpolationsformeln	15°	26°	47°
A	$n = 1{,}36968 - 0{,}0004120 \cdot t$	1,36350	1,35897	1,35004
a	$n = 1{,}37049 - 0{,}0004027 \cdot t$	1,36445	1,36002	—
B	$n = 1{,}37148 - 0{,}0004026 \cdot t$	1,36544	1,36102	1,35256 (beobachtet)
G	$n = 1{,}37968 - 0{,}0004230 \cdot t$	1,37334	1,36869	—
H_1	$n = 1{,}38341 - 0{,}0004425 \cdot t$	1,37678	1,37191	—

Tabelle XXVIII.

Cyanin in Alkohol (Tab. XIII). Partielle Dispersionen.

	15°	26°		15°	26°		15°	26°
$n_a - n_A$	0,00095	0,00105		—	—		—	—
$n_B - n_A$	0,00194	0,00205	$n_B - n_a$	0,00099	0,00100		—	—
$n_G - n_A$	0,00984	0,00972	$n_G - n_a$	0,00889	0,00867	$n_G - n_B$	0,00790	0,00767
$n_{H_1} - n_A$	0,01328	0,01294	$n_{H_1} - n_a$	0,01233	0,01189	$n_{H_1} - n_B$	0,01134	0,01089
						$n_{H_1} - n_G$	0,00344	0,00322

$n_B^{47^0} - n_A^{47^0} = 0{,}00252$

Grofs-Lichterfelde, physik. Labor. der Hauptcadetten-Anstalt im April 1884.

Druck von Wilhelm Keller in Giefsen.

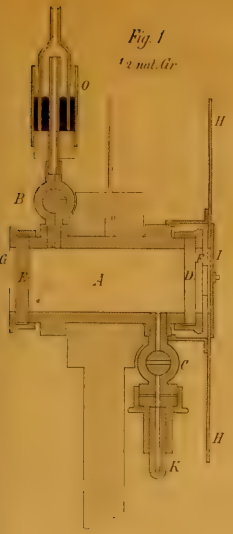


Fig. 1
1/2 nat. Gr.

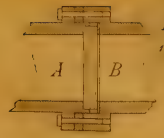


Fig. 22
1/2 nat. Gr.

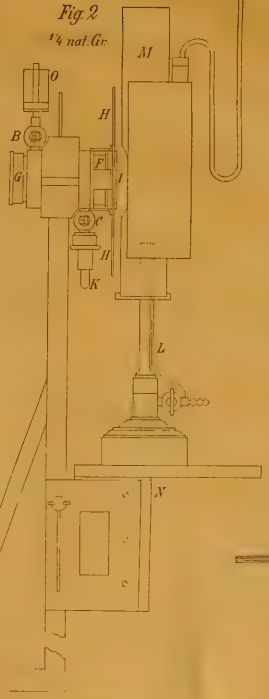


Fig. 2
1/4 nat. Gr.

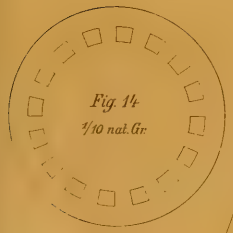


Fig. 14
1/10 nat. Gr.

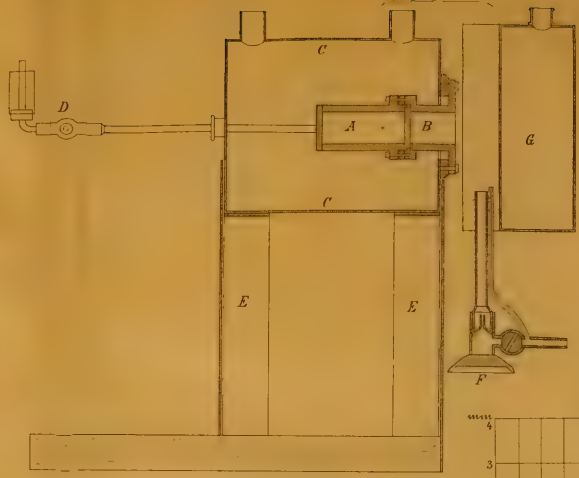


Fig. 20

verticaler Schnitt 1/4 nat. Gr.

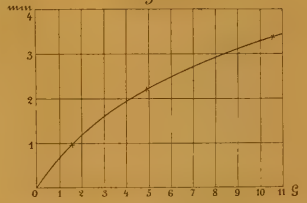


Fig. 12

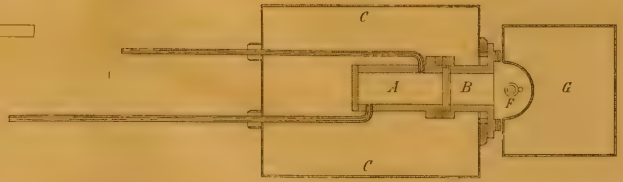


Fig. 21

horizontaler Schnitt 1/4 nat. Gr.

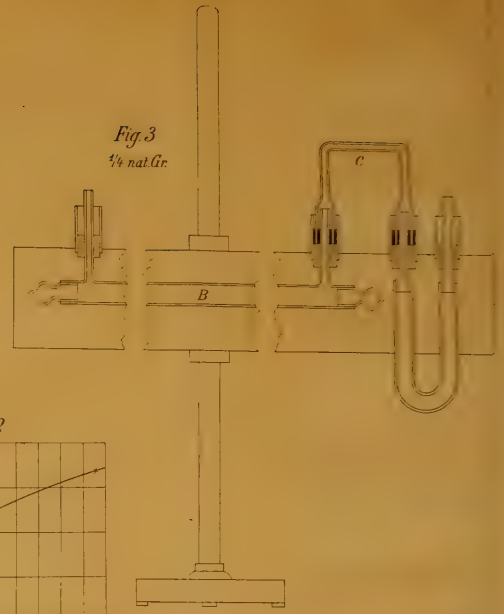


Fig. 3
1/4 nat. Gr.

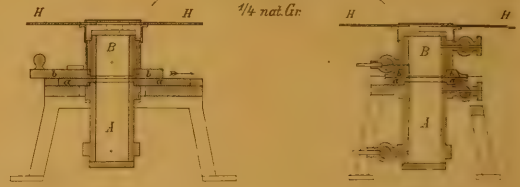
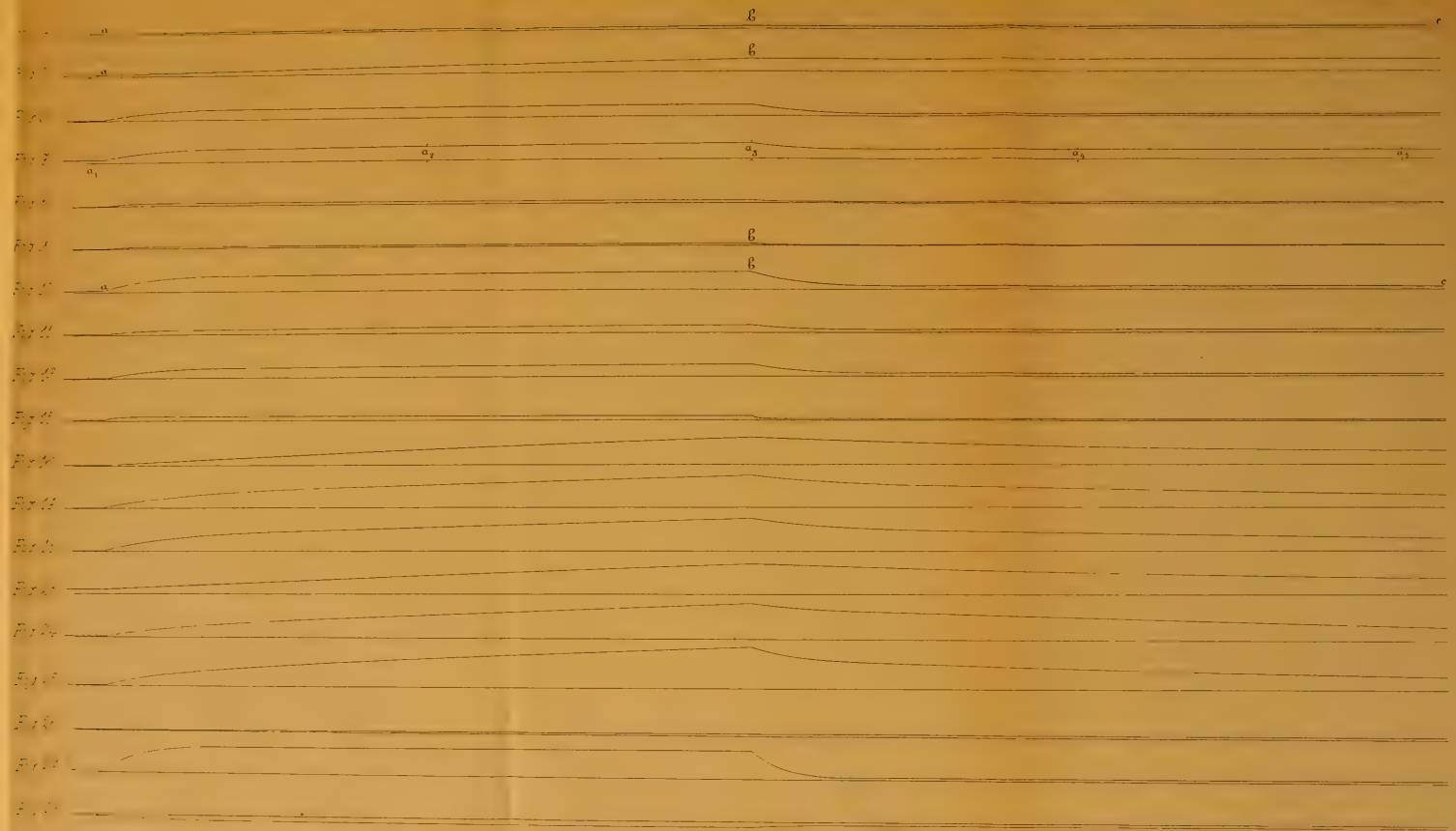


Fig. 19
1/4 nat. Gr.

Taf. II.



Lith. Anst. von Martin Loos in Giessen.

Fig.1.

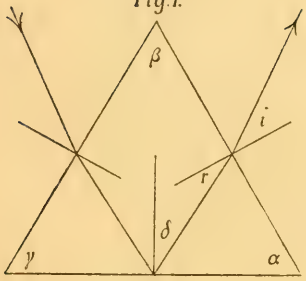
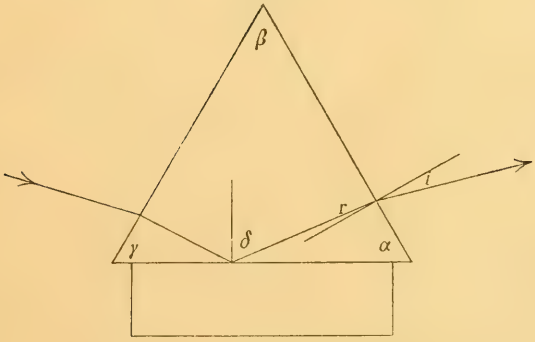


Fig.2.



3 2044 106 272 776